



**Progetto SESPIR - Sorveglianza epidemiologica sullo stato di salute della popolazione residente intorno agli impianti di trattamento rifiuti**

**ALLEGATO 10**



**Ministero della salute**



*Centro Nazionale per la Prevenzione ed il Controllo delle Malattie*

**RELAZIONE FINALE**  
**PROGETTO CCM “SORVEGLIANZA EPIDEMIOLOGICA SULLO STATO DI SALUTE DELLA POPOLAZIONE RESIDENTE INTORNO AGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO RIFIUTI”**

**18 aprile 2011- 18 ottobre 2012 con proroga al 18 ottobre 2013**  
**U.O. 3 – Epidemiologia Ambientale – ARPA PIEMONTE**

<b>OBIETTIVO SPECIFICO 4</b>	Sperimentazione di protocolli di sorveglianza ad hoc, nelle realtà ove precedenti indagini epidemiologiche e ambientali hanno verificato la fattibilità di tale approccio
<b>Indicatore/i di risultato</b>	Analisi epidemiologiche su patologie potenzialmente correlate ad esposizione da inceneritori
<b>Standard di risultato</b>	Analisi in 2 realtà differenti

Attività 1  
Definizione protocollo dello studio

Attività 2  
Analisi epidemiologiche

Attività 3  
Report finale

**Descrizione attività svolte da ARPA PIEMONTE (U.O. 3) SULL’OBIETTIVO 4**

E’ terminato lo studio di valutazione dello stato di salute della popolazione residente nelle vicinanze dell’impianto di incenerimento situato nel comune di Vercelli.

Il protocollo dello studio ha previsto la realizzazione di uno studio di coorte al fine di valutare il quadro ospedalizzazioni delle persone residenti nei pressi dell’impianto di termovalorizzazione, dopo attenta valutazione del quadro espositivo dei soggetti attraverso l’esame delle emissioni dell’inceneritore e delle ricadute al suolo.

Sono stati presi i contatti con le autorità competenti nel territorio, ASL e Comune, e sono così stati acquisiti gli elenchi dei residenti nella zona in studio ed è stato completato l’arruolamento della coorte. Per quanto concerne metodologia e risultati dello studio si allega relazione tecnica.

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

## **Enti coinvolti:**

S.C. Epidemiologia e salute Ambientale - ARPA Piemonte

S.C. Previsionale – ARPA Piemonte

Dipartimento ARPA di Vercelli

Asl Vercelli

Comune di Vercelli

Comune di Asigliano

## **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.

## **Le emissioni di un impianto di incenerimento**

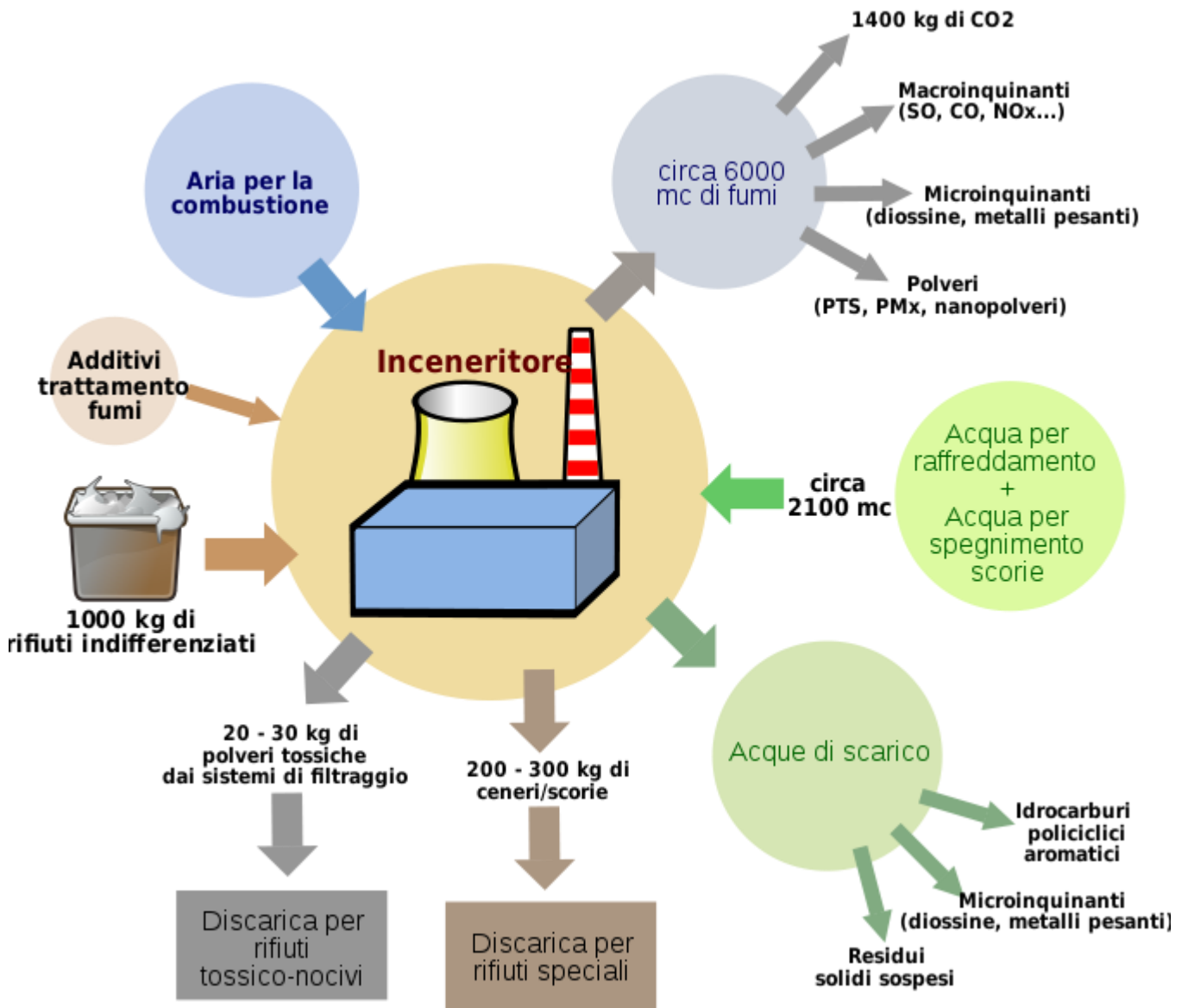
Gli impianti di incenerimento emettono ossidi di azoto, particolato e vari gas, determinando così una "pressione" sull'ambiente la cui dimensione è di complessa valutazione. Occorre infatti tener conto delle infrastrutture intensamente trafficate (autostrade, superstrade, statali ecc.) e della presenza 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 PM<sub>10</sub> 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 PM<sub>10</sub>.

## **Rischi per la salute umana**

Negli ultimi anni sono stati pubblicati diversi studi che indagano possibili effetti sulla salute legati alla residenza in prossimità di impianti di incenerimento.

Tra queste alcuni studi di tipo ecologico, suggeriscono una relazione tra la residenza in prossimità degli impianti ed alcuni esiti riproduttivi: mortalità infantile e malformazioni congenite (Tango T, 2004), malformazioni alla nascita (Vinceti M, 2008), anomalie congenite e nati pretermine (Dummer TJ, 2003), età gestazionale (Lin CH, 2006). Occorre però precisare che questo genere di studi a livello metodologico hanno alcune limitazioni in particolare rispetto alla valutazione dell'esposizione che utilizza la distanza dalla fonte come misura dell'esposizione e la non considerazione di possibili confondenti nella popolazione in studio (es: le caratteristiche individuali). Da questo ne consegue una interpretazione incerta di tali risultati.

Esistono alcuni studi più accurati, condotti in Italia ed in Francia, che riportano un aumento del rischio per Linfoma non-Hodgkin (Floret N, 2003; Viel JF, 2008) sarcomi del tessuto connettivo (Comba P, 2003; Zambon P, 2007), e malformazioni delle vie urinarie alla nascita (Cordier S, 2010). La letteratura scientifica relativa agli studi epidemiologici condotti in prossimità di impianti di smaltimento rifiuti attivi negli anni passati è stata ampiamente valutata in revisioni esaustive (Franchini M, 2004). I risultati contraddittori che ne emergono non consentono una risposta chiara e univoca al problema, e le preoccupazioni delle persone che vivono in aree vicino inceneritori o impianti di smaltimento richiedono studi più approfonditi (Porta D, 2009).

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 emissive, 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.

## **Obiettivo dello studio**

L'obiettivo del presente studio è valutare le condizioni di salute della popolazione residente intorno all'inceneritore per RSU di Vercelli. In particolare si tratta 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 un campionamento.

### **Area in studio**

Lo studio considera l'area che ricomprende i Comuni di Vercelli e di Asigliano Vercellese, individuati dal modello di dispersione delle emissioni, come le zone maggiormente interessate per la ricaduta dei fumi dell'impianto.

Il territorio in cui si colloca l'inceneritore è ad uso prettamente agricolo, con coltura prevalente a risaia.

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

L'impianto è 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 viene utilizzato per generare vapore surriscaldato inviato successivamente a due turboalternatori per la produzione di energia elettrica.

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

Come possiamo vedere nella mappa sottostante si può osservare come il territorio su cui insiste l'impianto di incenerimento sia prevalentemente ad uso agricolo fatta eccezione per la porzione sud della città di Vercelli e per Asigliano Vercellese.

Figura 2. Dominio di simulazione. In azzurro (nell'ingrandimento) - il camino dell'impianto

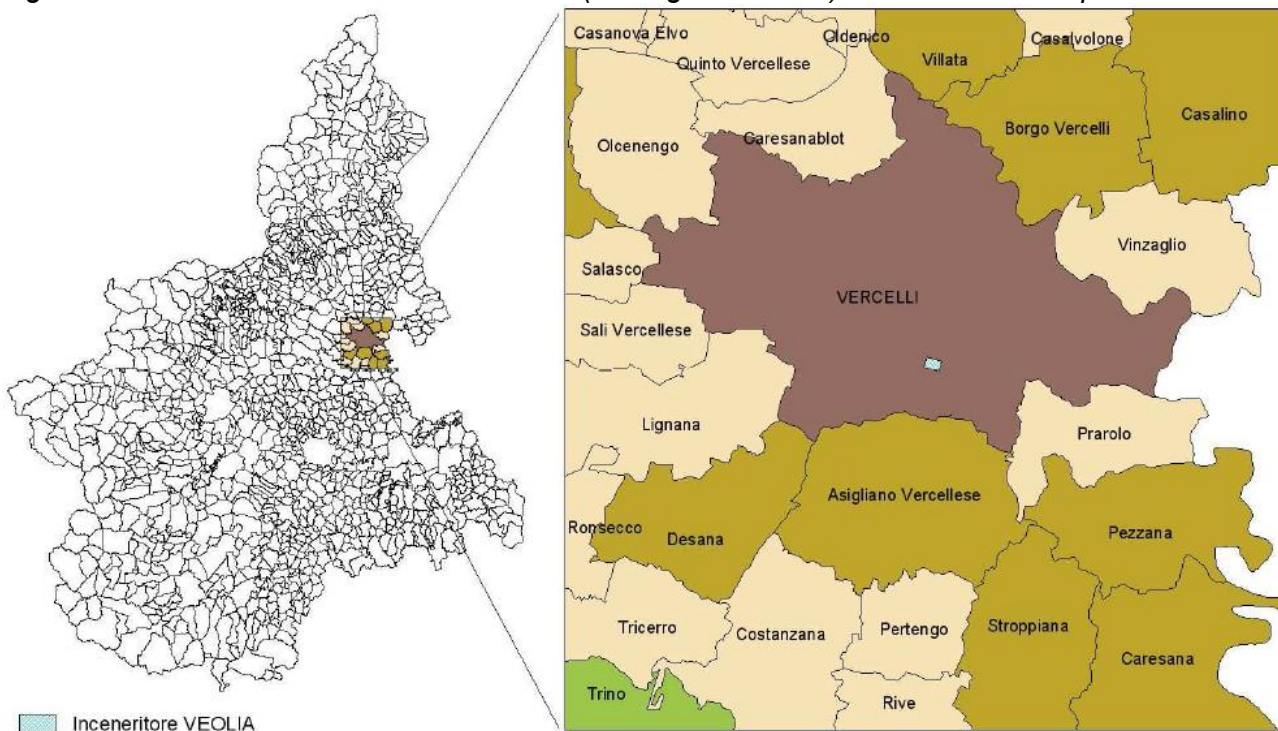
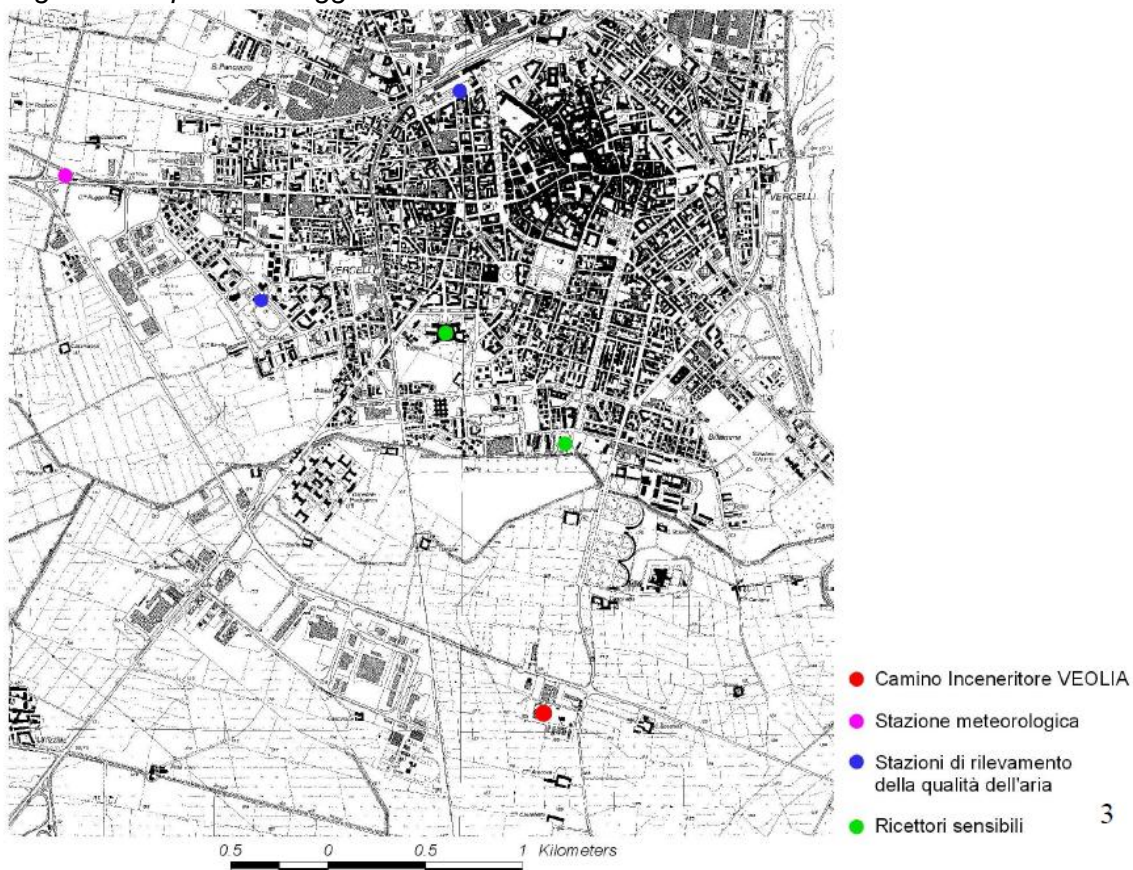


Figura 3. Rappresentazione su cartografia CRT:1:10000 della zona del dominio contenente la sorgente ed i punti di maggiore interesse.



# Metodi

## Disegno dello studio e selezione della popolazione

La scelta del disegno dello studio dipende principalmente dalle informazioni disponibili. In relazione a queste è stato scelto il disegno di studio di coorte, perché è il più completo tra gli studi epidemiologici e il più ricco di informazioni: consente di ottenere stime di tutte le misure di frequenza ed associazione, come tassi (sia di prevalenza sia soprattutto di incidenza), rischi (relativi, assoluti, attribuibili), rapporti di rischio (o odds ratio).

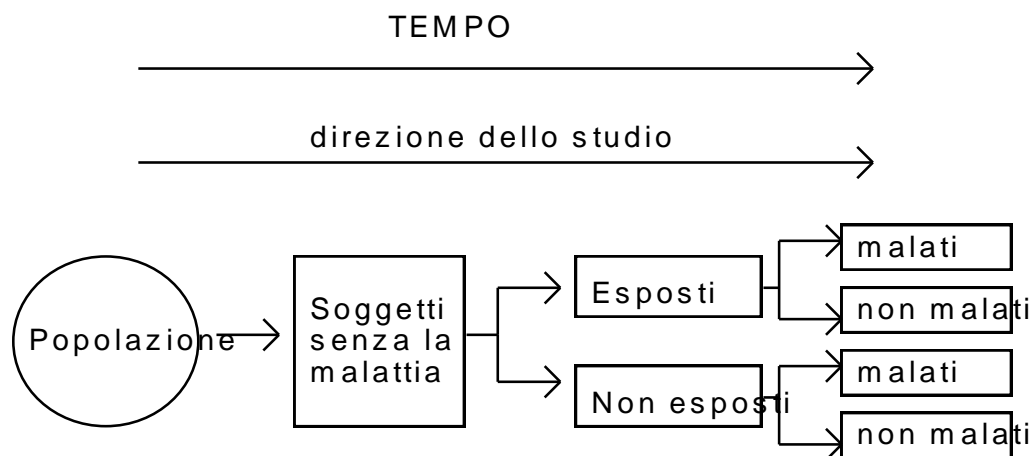
La coorte che è stata costituita è di tipo retrospettivo, su base residenziale storica, e tra i dati dall'anagrafe storica della popolazione residente nei Comuni di Vercelli e Asigliano Vercellese. La coorte è stata divisa nei due bracci tradizionali di questo tipo di studio:

- 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.

## **Definizione dell'esposizione**

### **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.

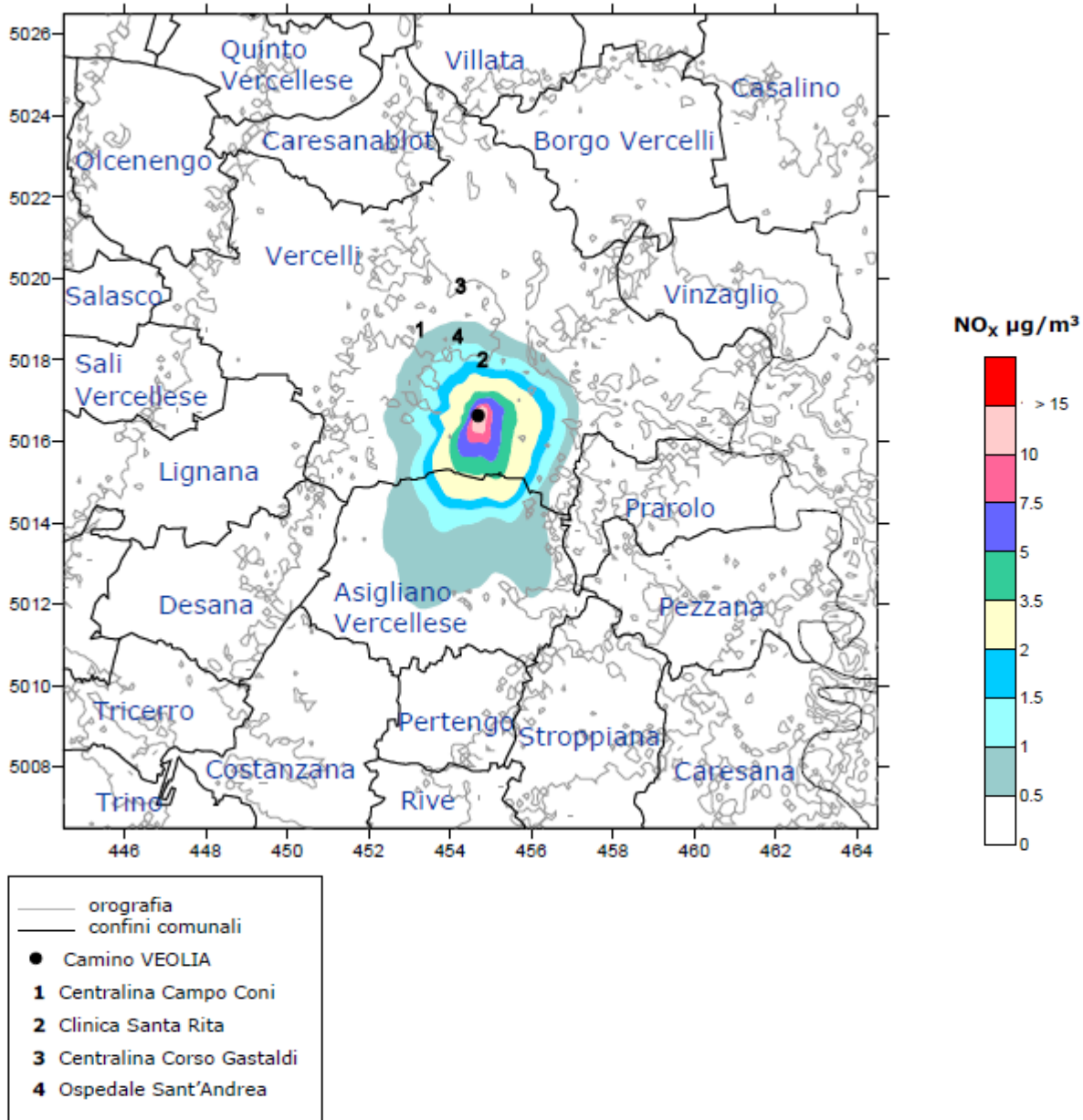
Nel caso specifico e in accordo con la Struttura richiedente, tenuto conto delle informazioni meteorologiche ed emissive disponibili, delle caratteristiche orografiche del sito e della tipologia delle sostanze in esame, si è definito di realizzare la simulazione di dispersione con un modello di tipo 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 NO<sub>x</sub>, medie annuali (Attivazione del modulo calme di vento – anno 2008)



## **Popolazione in studio**

Il comune di Vercelli ha fornito una copia dell'anagrafe storica, ovvero l'insieme delle schede anagrafiche risultanti dal 1997 al 2012, senza la cancellazione dei soggetti emigrati o deceduti. Inoltre è stato fornito un altro archivio contenente le variazioni anagrafiche, dal quale sono stati desunti a livello individuale i movimenti in ingresso e in uscita della città e le variazioni di indirizzo. Grazie a tali fonti informative sono state composte 'stringhe' di esposizione abitativa, complete di data di inizio e fine di residenza ad uno specifico indirizzo. Molte e laboriose operazioni di strutturazione dei dati sono state compiute in questa fase, a causa di incongruenze nella sequenza dei movimenti anagrafici. Dei 132941 record ottenuti 8091 mancavano di codice fiscale, chiave indispensabile per l'aggancio delle schede di dimissione ospedaliera, che è stato ricostruito. Dopo l'esclusione di movimenti fuori della finestra temporale di studio sono risultate 112437 stringhe pertinenti di cui 109773 risultante dopo l'applicazione di regole di congruenza e utili per la prosecuzione dello studio.

Riassumendo, nei 15 anni di follow-up dello studio, sulla base della popolazione anagrafica di Vercelli (Popolazione al 31/12/2008: 47.082 abitanti) sono stati reclutati 73316 soggetti 109793 storie abitative.

L'anagrafe di Asigliano ha fornito le risultanze storiche ma non i movimenti anagrafici. Sono stati ottenuti 2901 record di cui 2441 utili per lo studio.

## **Coorte georiferita**

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. Con metodi di geographic processing sono stati attribuiti a ogni indirizzo riconosciuto i valori di concentrazione di NOx stimati con i metodi sopra descritti. L'attribuzione di valori di 'fondo' di NOx, pur disponibili, non sono stati introdotti in analisi poiché quasi invariati nell'area in studio, potendo approssimare il dato stimato su una griglia di 4 Km, non sufficientemente discriminante i livelli di esposizione di fondo degli indirizzi coinvolti. 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. Limiti intrinseci nei dati Istat utilizzati per il calcolo di tale indice hanno però impedito l'utilizzo di tale covariate nel successivo modello di analisi in quanto poco variante e non valido per ampie aree a causa di valori mancanti.

Quindi, sulla base dei dati risultanti dal modello per le concentrazioni di NOx, sono state definite 5 aree con livelli di concentrazione differenti. Ad ogni soggetto della coorte è stato assegnato sulla base del modello di dispersione e grazie alle coordinate di residenza, un livello medio di esposizione agli NOx.

Le analisi sono state svolte su due diversi livelli di definizione di esposizione:

1- i residenti o ex residenti nelle aree 3 aree più prossime all'inceneritore contrastate con quelle dell'area a più basso livello;

2- i residenti o ex residenti nelle aree 2 aree più prossime all'inceneritore contrastate con quelle dell'area a più basso livello;

Per definire i periodi di esposizione dei soggetti sono state inoltre introdotte alcune scelte operative che hanno ulteriormente precisato la definizione dell'esposizione:

1. è stato introdotto un taglio di esposizione a 6 mesi: le 'stringhe' di esposizione alla residenza nei livelli di esposizione della coorte inferiore a tale periodo sono state rimosse e il soggetto risulta eliminato se si tratta dell'unica esperienza di esposizione o la stringa viene considerata un periodo di non esposizione se è seguita da altri periodi di diversa residenza (possono quindi esistere esposizioni più prolungate successive)
2. se un soggetto risulta esposto secondo la precedente definizione tutte le sue stringhe temporali di esposizione successive sono attribuite, per eventi e persone anno, alla categoria degli esposti
3. È stata acquisita una data di prima presenza in anagrafe, non coincidente con la data di inizio studio, che pare plausibile per molta parte dei soggetti. Data la parziale incertezza relativa a coloro che hanno date di inizio residenza molto remote nel tempo è stato comunque introdotto un inizio di prima esposizione non anteriore al 1-1-1997 ovvero della disponibilità del dato dalle anagrafi comunali

Di conseguenza i tempi di latenza sono dilatati e gli strati di durata minima di latenza sono stati considerati a 0 e 5 anni.

Le stringhe residenziali multiple per soggetto, in base alle definizioni operative sopra esposte, possono corrispondere alle seguenti 4 categorie:

1 soggetto esposto

2 soggetto non esposto

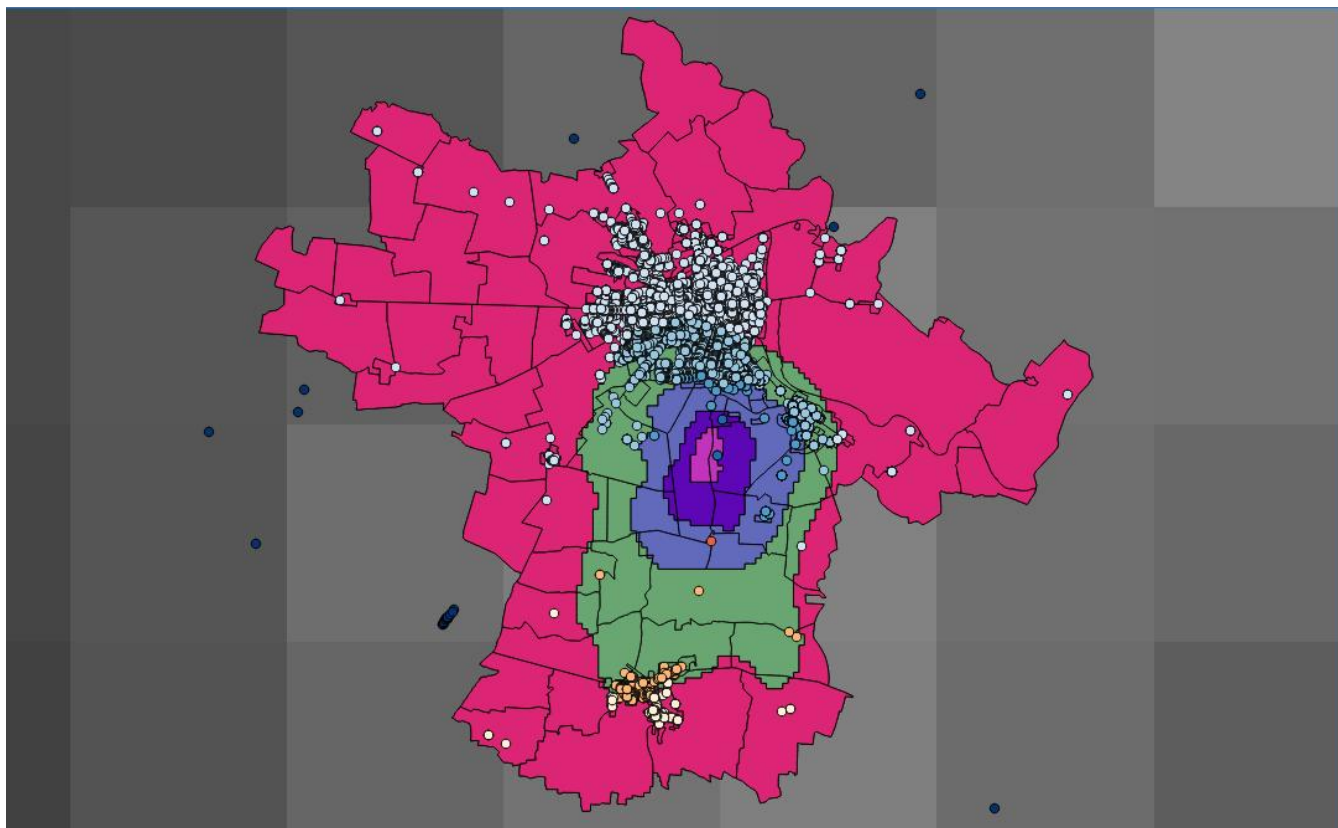
3 soggetto con esposizione sconosciuta (indirizzo assente)

4 soggetto emigrato e re immigrato, con esposizione quindi esterna all'area.

La categoria 3 è stata eliminata mentre la 4 è stato considerato non esposto quando era intermedia ad altre stringhe definite, altrimenti è stata eliminata.

Sono state poi compattate le storie contigue invariante per esposizione, supponendo la continuità di effetto nei periodi intermedi.

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



### **Criteri di eleggibilità per l'ingresso nella coorte**

I criteri utilizzati sono stati i seguenti:

- residenza nei Comuni di Vercelli ed Asigliano Vercellese a far data dalla prima informazione disponibile presso l'anagrafe (01.01.1997) fino al 31.12.2012.
- permanenza nella residenza per qualunque periodo di tempo, a sua volta suddiviso in 3 periodi quinquennali in fase di analisi (periodo di calendario).
- periodo di latenza prima di considerare pertinenti all'esposizione gli esiti di ricovero
  - 0 (qualunque durata della residenza)
  - 5 anni.

### **Follow-up di salute dei soggetti cause in studio**

E' stato effettuato il follow-up dei soggetti nella coorte, abbinando ogni soggetto con i dati di dimissione ospedaliera relativi alla morbilità correlata per gli anni dal 1998 al 2012, forniti dall'Asl Vercelli, ed è stato effettuato il linkage degli esiti sanitari di ricovero ospedaliero. L'abbinamento è stato svolto con l'uso del codice fiscale, ricostruito e bonificato per molte schede ospedaliere. Una procedura parallela basata su 128 passi di linkage per sottoparti del codice fiscale ha permesso di

abbinare 104603 eventi di ricovero, mentre 36687 soggetti non risultano aver subito un ricovero nel periodo considerato.

*Tabella 1. Elenco cause selezionate per lo studio*

<b>Descrizione patologia</b>	<b>Codice Icd</b>
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

## **Metodi di Analisi statistica**

Per l'analisi è stato scelto il Modello di Poisson con analisi di variabili tempo dipendenti. Le analisi sono state eseguite con il pacchetto statistico STATA.

E' stato applicato un modello di Poisson ai dati di esposizione, corredati della storia di primo ricovero per i gruppi nosologici. Il modello multivariato è stato applicato considerando le variabili dipendenti dal tempo riferite all'età e al periodo di calendario, diviso in sottoperiodi di 5.

Le analisi sono state iterate per ciascun genere e congiuntamente e per ciascuna dei 24 raggruppamenti nosologici considerati. I periodi di esposizione sono stati calcolati considerando tempi di latenza di 0, 5 anni ovvero definendo l'esposizione sia al momento dell'inizio dell'intervallo di latenza (con ipotesi di induzione istantanea ovvero senza considerare la durata dell'esposizione) sia considerando, tenuto conto della latenza, il periodi di esposizione. Il contatore della latenza di esposizione ha tenuto conto di periodi disgiunti di esposizione allo stesso livello, i quali sono stati assimilati.

Le analisi sono state ripetute considerando come ulteriore elemento confondente l'area geografica di nascita, correlata, come noto, al profilo di salute e alla composizione della popolazione esposta, come risulta dalle tabelle seguenti. Per molte analisi è stato possibile considerare anche lo stato civile risultante all'anagrafe, quale indicatore di supporto familiare, mentre l'indice di deprivazione, come già detto, è risultato inutilizzabile.

I Rischi relativi (IRR) sono stati quindi ottenuti con un modello multivariato che controlla per classi di età, periodi di calendario quinquennali di f-u, dose di esposizione, area di nascita e stato civile. Sono stati calcolati degli Intervalli di Confidenza (IC) robusti date le osservazioni ripetute per soggetto. La significatività statistica è stata valutata al 95%.

## Risultati

Sono stati arruolati nella coorte un totale di 82245 soggetti (di cui il 51,3 % sono donne) la cui distribuzione per genere ed età è descritta in tabella 2. Non si evidenziano per età e genere differenze tra esposti e non esposti.

*Tabella 2 caratteristiche della coorte di residenti nell'area dei comuni di Vercelli ed Asigliano Vercellese nel periodo 1997-2012 per esposizione agli NOx*

	Concentrazioni Nox in atmosfera					
	Esposti (>0,5 ng/m3)		Non esposti (<0,5 ng/m3)		Totale	
	n	%	n	%	n	%
Femmine	21991	51,5	20229	51,3	42220	51,3
Masschi	20683	48,5	19242	48,7	39925	48,5
0-44	27077	63,5	25613	64,9	52690	64,1
45-59	6446	15,1	5870	14,9	12316	15,0
60-74	5837	13,7	5492	13,9	11329	13,8
75+	3314	7,8	2496	6,3	5810	7,1
Totale	42674	100,0	39471	100,0	82245	100,0



Tabella 3. Associazione tra la concentrazione di NOx e l'ospedalizzazione nella coorte dei residenti nell'area di Vercelli e Asigliano Vercellese per causa di morte (ICD-9) e genere, aggiustati per fasce di età, stato civile e periodo di calendario

Cause ICD9	Donne			Uomini			Totale		
	Obs	IRR	IC95%	Obs	IRR	IC95%	Obs	IRR	IC95%
Malattie cardiovascolari (390-459)	2699	1.04	0.98 1.11	2895	<b>1.07</b>	1 1.14	5594	<b>1.05</b>	1 1.11
Malattie ischemiche (410-414)	598	0.99	0.89 1.11	1005	1	0.92 1.09	1603	0.99	0.93 1.07
Malattie respiratorie (460-519)	1725	1.03	0.91 1.18	1999	1.05	0.95 1.17	3724	1.05	0.93 1.18
Broncopneumopatie croniche (490-496)	509	<b>1.2</b>	1.05 1.36	773	1.05	0.95 1.17	1282	<b>1.11</b>	1 1.22
Infarto miocardico acuto (410)	208	1.07	0.94 1.21	403	0.98	0.85 1.12	611	1.01*	0.92 1.11
Scopenso cardiaco (428.0, 428.2, 428.9)	365	1.07	0.95 1.2	334	1.02*	0.87 1.21	699	1.05*	0.96 1.15
BPCO (490-496; esc.493)	448	<b>1.21</b>	1.05 1.39	709	1.04*	0.95 1.13	1157	<b>1.1</b>	1.01 1.2
Malattia respiratoria acuta (460-466; 480-487)	720*	0.98	0.86 1.11	824	1.05	0.92 1.2	1544	1.03	0.9 1.18
Asma (493)	84	1.31	. .	80	1.22*	0.94 1.58	164	1.25*	0.99 1.58
Tutti i tumori (140-239)	1708	1.04	0.97 1.12	1620	1.04	0.98 1.1	3328	1.04	0.98 1.1
Stomaco (151)	33	0.86*	0.54 1.38	39	0.81*	0.5 1.31	72	0.84*	0.56 1.25
Colon retto (153-154)	170	1.18	0.95 1.45	166	1.13	0.91 1.4	336	1.15	0.97 1.36
Fegato (155)	31**	1.04	0.74 1.46	52	1.24	0.85 1.82	83	1.17	0.86 1.6
Laringe (161)	2**	0.41	0.08 2.03	31	1.26	0.8 2	33**	1.12	0.78 1.63
Polmone (162)	64**	1.05	0.75 1.46	233	1.01*	0.87 1.16	297**	1.02	0.9 1.16
Sarcoma dei tessuti molli (171)	3**	0.42	0.14 1.21	7**	1	0.73 1.37	10**	0.71	0.54 0.94
Mammella (174)	189	0.9	0.76 1.08				189	0.9	0.75 1.08
Prostata (185)				142	1.02*	0.84 1.24	143	1.02	0.82 1.26
Vescica (188)	55**	<b>1.56</b>	1.2 2.01	173	0.97	0.78 1.2	228**	1.08	0.91 1.28
Sistema nervoso centrale (191-192; 225)	42	1.08	0.72 1.62	40	1.08	0.72 1.61	82	1.08	0.81 1.42
Sistema linfematopoietico (200-208)	103	0.75	0.6 0.95	125	1.1*	0.88 1.39	228	0.91	0.74 1.12
Linfoma Non-Hodgkin (200, 202)	50**	0.8	0.54 1.17	51	1.17	0.81 1.68	101	0.93	0.72 1.19
Myeloma (203)	14	0.47*	0.27 0.82	20**	0.67	0.36 1.24	34	0.56	0.37 0.83
Leucemia (204-208)	37	0.9	0.59 1.37	55**	1.21	0.86 1.72	92	1.07	0.78 1.47

\* Modello senza l'aggiustamento per stato civile

\*\* Modello senza l'aggiustamento per stato civile e periodo di calendario

## Bibliografia

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Lin CH, Li CY, Mao I-F: Birth outcomes of infants born in areas with elevated ambient exposure to incinerators generated PCDD/F. *Environ Int* 2006, 32:624-629.
- Porta D, Milani S, Lazzarino AI, Perucci CA, Forastiere F: Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environmental Health* 2009, 8:60.
- 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 Mar 24;10:22
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

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.