



Sistema Socio Sanitario



**tecno habitat**  
società di ingegneria

**Studio epidemiologico per valutare gli effetti sulla salute dei soggetti residenti intorno all'inceneritore di Valmadrera.**

**Report finale – 4 dicembre 2018**

A cura di:

Cristiano Piccinelli<sup>1</sup>, Paolo Carnà<sup>1</sup>, Emanuele Amodio<sup>2</sup>, Magda Rognoni<sup>2</sup>, Marco Vuono<sup>3</sup>, Luca Cavalieri d'Oro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Cliniche e Biologiche – Università di Torino

<sup>2</sup> U.O.C. Epidemiologia - Agenzia di Tutela della Salute (ATS) della Brianza

<sup>3</sup> Tecno habitat – Società di ingegneria

Si ringrazia il Comitato Scientifico:

Ennio Cadum<sup>4</sup>, Francesco Donato<sup>5</sup>, Mario Raimondi<sup>6</sup>, Marcello Rusconi<sup>6</sup>, Giuseppe Castagna<sup>6</sup>, Donatella Crippa<sup>7</sup>

<sup>4</sup> Epidemiologo ambientale

<sup>5</sup> Università di Brescia

<sup>6</sup> Comitato tecnico scientifico di Silea

<sup>7</sup> Sindaco Comune di Valmadrera

## **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. Negli ultimi anni, grande attenzione è stata posta alle emissioni (solide e gassose) derivanti dall'incenerimento. La composizione delle emissioni dipende da molti fattori: la tipologia di rifiuti trattati (composizione chimica), le condizioni di combustione, i sistemi per ridurre le sostanze inquinanti, il tipo di tecnologia utilizzata e l'età dell'impianto. 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 di rifiuti solidi urbani.

In questo panorama i Comuni di Annone Brianza, Civate, Galbiate, Lecco, Malgrate, Suello, Valmadrera hanno deciso di effettuare uno studio epidemiologico per valutare gli effetti sulla salute della popolazione residente in prossimità dell'inceneritore situato nel Comune di Valmadrera, utilizzando le metodologie più aggiornate attualmente disponibili su questi temi. Per far questo è partita una collaborazione tra i sette Comuni, attraverso il consorzio SILEA Spa (gestore dell'impianto di incenerimento), l'Agenzia di Tutela della Salute della Brianza (ATS), ente di riferimento per la tutela della salute della popolazione del territorio in questione, l'Università di Torino come soggetto tecnico per la realizzazione dello studio e la società Tecno Habitat incaricata per la realizzazione della modellistica ambientale.

Lo studio ha preso avvio nel gennaio 2017 e terminerà a dicembre 2018.

Per avvalorare la validità e l'integrità scientifica dello studio, si è costituito un Comitato Scientifico nel quale sono presenti il Sindaco di Valmadrera quale delegato del Comitato Ristretto dei Sindaci, il Comitato tecnico scientifico di Silea e gli esperti di epidemiologia ambientale dr. Ennio Cadum e prof. Francesco Donato.

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

Gli impianti di incenerimento emettono numerose sostanze, che si possono raggruppare in MACROINQUINANTI (Ossidi di zolfo, Ossidi di azoto, Gas inorganici, Ossidi di carbonio, Sostanze Organiche Volatili, Particolato) e MICROINQUINANTI (Metalli Pesanti, Idrocarburi Aromatici, Idrocarburi Policiclici Aromatici, Organoclorurati, Diossine Bromurate e Alogenate, Fenoli Alogenati, Dibenzotiofeni Policlorurati, Benzeni Clorurati);

Le emissioni di un inceneritore non interessano solamente il comparto ambientale aria, ma anche l'acqua e suolo.

L'impatto conseguente sull'ambiente è di complessa valutazione. Occorre infatti tener conto delle infrastrutture intensamente trafficate (autostrade, superstrade, statali ecc.) e della presenza di attività produttive, le cui emissioni ricalcano in parte quelli di un impianto di incenerimento. Poi vanno considerati gli impianti di riscaldamento civili e l'impatto delle attività agricole. Quindi, anche se gli inceneritori "insistono" sull'ambiente, per capire in quale misura lo facciano bisognerebbe contestualmente valutare il peso delle altre fonti di pressione.

La formazione delle sostanze inquinanti, emesse in forma solida, liquida e gassosa da un inceneritore, dipende da diversi fattori quali: la tipologia del rifiuto trattato (composizione chimica), le condizioni di combustione (tra cui in particolare la temperatura) e le condizioni operative dei sistemi di abbattimento degli inquinanti.

Alcuni 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 che possono infine arrivare ad esitare anche nell'*exitus* dell'organismo esposto.

Gli indicatori che vengono classicamente 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 procedere alla misurazione e fare delle stime di ricadute. 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 accade, per esempio, per gli ossidi azoto e per il PM10.

Pertanto la sostanza tracciante utilizzata per definire l'areale di ricaduta non è che un indicatore per individuare la zona interessata dalle ricadute di molteplici sostanze, utile a comprendere le aree a maggiore ricaduta rispetto a zone meno impattate, ma non è necessariamente la sostanza maggiormente rilevante in termini di esposizione e di possibili effetti sulla salute.

### **Rischi per la salute umana: cosa dicono gli studi pubblicati.**

L'interpretazione dei risultati pubblicati negli studi, che valutano effetti sulla salute nella popolazione residente nei pressi di impianti di incenerimento, deve tenere conto dei rilevanti cambiamenti tecnologici che sono avvenuti nel corso degli ultimi anni nel settore dell'incenerimento dei rifiuti, segnati soprattutto dal passaggio dalla semplice funzione distruttiva alla funzione "*waste-to-energy*" (termovalorizzazione) e dal miglioramento delle tecnologie utilizzate per il controllo e abbattimento

impiantistico delle emissioni a camino di diossina e di metalli pesanti. Andando indietro nel tempo, la letteratura scientifica disponibile indica che la presenza di impianti di incenerimento attivi negli anni '60-'80 con tecnologia ancora relativamente inefficiente, hanno avuto un effetto rilevabile sulla frequenza di occorrenza di alcuni tumori. Tuttavia, questi risultati non sono esenti da limiti principalmente connessi alla scelta del tipo di studio epidemiologico adottato, alla carenza di informazioni precise ed accurate sull'esposizione della popolazione effettivamente coinvolta, all'impiego di misure surrogate, come la distanza dalla fonte, nonché al mancato controllo di potenziali confondenti, quali le esposizioni individuali e lavorative delle persone esposte ad aereoinquinanti (Porta et al, 2009).

Alcune indagini condotte in Italia e in Francia, utilizzando metodologie epidemiologiche più accurate, in particolare per la caratterizzazione dell'esposizione della popolazione residente, hanno rilevato un aumento del rischio per linfoma non-Hodgkin in tre studi, (Floret N et al 2003, Viel JF et al 2000, Viel JF et al 2008) mentre in altri tre (Federico M et al 2010, Ranzi A et al 2011, Gouveia N et al 2010) non si evidenzia alcun eccesso di rischio. Gli studi di coorte condotti nell'ambito del progetto Monitor mettono in evidenza un modesto incremento di rischio di linfoma non Hodgkin solo quando si considerino entrambi i sessi (il dato in uomini e donne separatamente non risultava invece significativo) (Monitor). In alcuni studi si è inoltre riportata un'associazione con i sarcomi dei tessuti molli (Comba P et al 2003, Zambon P et al 2007, Viel 2008).

Alcuni autori hanno evidenziato delle associazioni tra esposizione a ricadute da incenerimento dei rifiuti e patologie respiratorie. In particolare, in 2 studi (Shy CM et al 1995, Lee JT et al 1999) si riscontrano differenze di prevalenza di sintomi respiratori cronici ed acuti. Lo studio condotto dal gruppo di Monitor (Ranzi et al 2011) mostra un aumento significativo della mortalità per malattie respiratorie per una concentrazione di metalli pesanti di 0.5 -1 ng/m<sup>3</sup> negli uomini, mentre non mostra associazioni per malattie croniche ed acute, BPCO, asma. Invece, nelle donne, è stata rilevata una relazione tra esposizione a metalli pesanti e la mortalità per tutte le cause e per malattie cardiache.

Un discorso a parte meritano gli esiti perinatali. Tre studi (Dummer et al 2003, Cordier et al 2004, Cordier 2010) hanno mostrato un lieve aumento del rischio di malformazioni congenite in vicinanza degli inceneritori, in particolare per spina bifida, difetti cardiaci e difetti del tratto urinario. Nessun eccesso è stato mostrato per basso peso alla nascita e mortalità infantile (Tango et al 2004), per anomalie cromosomiche e non (Cresswell et al 2003), per aborti spontanei e altri esiti riproduttivi studiati (Vinceti M et al 2008). Infine 2 studi (Lloyd et al 1988, Williams et al 1992) hanno mostrato rispettivamente un aumento di parti gemellari e di eccessi di nascite femminili. Relativamente ai difetti congeniti ed esposizione ad inquinanti prodotti da inceneritori non esiste accordo tra gli studi, in particolare la valutazione dell'esposizione è stata considerata un importante limite nella possibilità

di rilevare l'effetto. Il progetto Moniter (Candela et al 2013) ha rilevato una associazione coerente e statisticamente significativa tra livelli di esposizione ad emissioni da inceneritore e nascite pretermine. Tali risultati confermano quelli ottenuti dall'unico studio che ha preso in considerazione l'evento nascita pretermine (Lin et al 2006).

Alcuni degli studi sopra citati hanno utilizzato dei modelli di dispersione delle sostanze inquinanti (traccianti) per stimare l'esposizione agli inquinanti prodotti dagli impianti, migliorando in tal modo il limite principale degli studi condotti precedentemente, che utilizzavano come misura di esposizione la distanza dei residenti dall'impianto di incenerimento studiato.

I principali riferimenti bibliografici, per definire la metodologia utilizzata in questo studio, per la valutazione di potenziali effetti sulla salute nella popolazione che risiede nei pressi di impianti di incenerimento di rifiuti, restano comunque la revisione curata da Porta et al del 2009, ed il suo aggiornamento curato da Mattiello et al del 2013. A queste si aggiungono alcuni studi italiani, più recenti, tra cui lo studio di Ranzi et al 2011, condotto all'interno del progetto Moniter in Emilia Romagna, lo studio di Golini et al 2014, condotto in regione Lazio e quello di Minichilli et al 2013 condotto in regione Toscana. Queste ultime valutazioni epidemiologiche introducono alcune innovazioni a livello metodologico, in particolare l'utilizzo di modelli di dispersione degli inquinanti (o meglio di alcuni marcatori, come PM10 o NO2, dei quali si hanno le misure) che permettono di assegnare i valori di esposizione dei residenti con maggiore accuratezza. Andando però a confrontare questi ultimi con le revisioni di studi più vecchi, sopracitate, i risultati sono spesso contraddittori.

Una valutazione recente complessiva delle risultanze degli studi disponibili è riportata nel WHO Meeting Report 2015 "*Waste and human health: Evidence and Needs*", che riassume così le evidenze disponibili:

- 1) Le emissioni sono cambiate molto nel tempo e le evidenze disponibili sono specifiche per ogni periodo e tipologia di inceneritore considerata.
- 2) Le evidenze sui tumori sono limitate e legate alle emissioni degli inceneritori di vecchia generazione.
- 3) Vi sono alcune evidenze sulle malformazioni del tratto urinario e gli esiti della gravidanza, in particolare quelle sulle nascite pretermine.
- 4) Non sono conclusivi i risultati sugli effetti acuti a carico dell'apparato respiratorio.

5) Una nuova generazione di studi epidemiologici necessita di una migliore definizione dell'esposizione in termini qualitativi e quantitativi, in particolare mediante una evoluzione delle misurazioni ambientali e lo sviluppo dell'uso di bio-marcatori individuali di esposizione.

Si riporta a titolo riassuntivo la tabella relativa alla revisione di Porta et al. del 2009.

Condizione oggetto di studio	Livello di evidenza	
	Discariche	Inceneritori
<b>Tutti i tumori</b>	Inadeguato	Limitato
Stomaco	Inadeguato	Limitato
Colonretto	Inadeguato	Limitato
Fegato	Inadeguato	Limitato
Laringe	Inadeguato	Inadeguato
Polmone	Inadeguato	Inadeguato
Sarcoma dei tessuti molli	Inadeguato	Limitato
Rene	Inadeguato	Inadeguato
Vescica	Inadeguato	Inadeguato
Linfoma non-Hodgkin	Inadeguato	Limitato
Tumori infantili	Inadeguato	Inadeguato
<b>Tutte le anomalie alla nascita</b>	Inadeguato	Inadeguato
Difetti del tubo neurale	Inadeguato	Inadeguato
Difetti orofacciali	Inadeguato	Limitato
Difetti del tratto urinario	Inadeguato*	Limitato**
Difetti della parete addominale	Inadeguato	Inadeguato
Difetti gastrointestinali	Inadeguato	Inadeguato
<b>Basso peso alla nascita</b>	Inadeguato	Inadeguato
<b>Malattie o sintomi respiratori</b>	Inadeguato	Inadeguato

\*ipospadia ; \*\* epispadia

#### Nota

Tabella prodotta secondo i criteri IARC

"inadeguato": gli studi sono di insufficiente qualità, coerenza o potenza statistica per decidere sulla presenza o sull'assenza di un'associazione causale;

"limitato": un'associazione positiva è stata osservata tra l'esposizione e la malattia per la quale si può considerare un'interpretazione causale può ritenersi credibile, ma non si può comunque ragionevolmente escludere il ruolo del caso o di un bias o di un confondimento.

## Obiettivo dello studio

Lo studio ha come obiettivo la valutazione delle condizioni di salute della popolazione residente intorno all'inceneritore per rifiuti solidi urbani della SILEA Spa di Valmadrera in relazione alle ricadute degli inquinanti prodotti dall'inceneritore stesso. In particolare sono state indagate le principali cause di morte e patologie che la letteratura ha indicato come potenzialmente correlabili alla residenza in prossimità dell'impianto.

## Materiale e Metodi

### Area in studio

Sulla base dei più recenti studi epidemiologici pubblicati su questo tema, cui ci si è riferiti per la definizione della metodologia utilizzata, si è scelto di considerare un'area di 169 km<sup>2</sup> intorno all'impianto di incenerimento di rifiuti solidi urbani di Silea Spa situato nel comune di Valmadrera (Lecco). Tale dominio di studio ha coinvolto quindi sette Comuni della provincia di Lecco, come si evince dalla tabella 1, per un totale di 77.462 residenti nel 2003 (inizio periodo dello studio) e 80.526 nel 2016 (fine periodo dello studio) nei Comuni dell'area in studio.

Tabella 1. Popolazione residente ed estensione territoriale dei Comuni coinvolti nello studio al 31 dicembre del 2003 e del 2016 (ISTAT)

	Popolazione residente		Estensione
	Anno 2003	Anno 2016	Km <sup>2</sup>
Annone di Brianza	2.022	2.316	5,9
Civate	3.858	3.909	9,3
Galbiate	8.595	8.548	15,6
Lecco	46.196	48.131	45,1
Malgrate	4.208	4.250	1,9
Suello	1.585	1.760	2,6
Valmadrera	10.998	11.612	12,6
<b>Totale</b>	<b>77.462</b>	<b>80.526</b>	<b>87,1</b>

## Modello di dispersione degli inquinanti atmosferici provenienti dall'impianto

Al fine di poter definire, nel territorio interessato, aree con diverse concentrazioni di inquinanti emessi, è stato messo a punto da Tecno habitat Spa un modello relativo alle sorgenti emissive fisse dello stabilimento di SILEA SpA, che ha stimato i livelli di concentrazione al suolo degli inquinanti atmosferici dell'impianto di incenerimento della Silea S.p.A. di Valmadrera (allegata relazione Tecnohabitat).

L'area di studio oggetto della modellizzazione è stata definita in modo da comprendere tutti i Comuni potenzialmente interessati alle emissioni del termovalorizzatore.

È stata considerata un'area quadrata avente lato pari a 13 km, ed un passo della griglia di calcolo di 66,6 m.

*Figura 1: Mappa dell'area in studio nell'area in studio e impianto di incenerimento di Silea SpA. Nome vicino al centro e altra etichetta leggibile*



Il parametro tracciante utilizzato per la modellizzazione delle ricadute delle emissioni del termovalorizzatore è il PM10. Occorre precisare che il PM10 non viene misurato direttamente, poiché le misure a camino in continuo rilevano le polveri totali. Per questo studio le concentrazioni di polveri totali sono state considerate come se fossero relative, nella loro totalità, a concentrazioni di PM10. Le sorgenti di emissione sono state caratterizzate attraverso la concentrazione media

annua di PM10. Questo parametro è stato scelto in quanto è un tracciante di altre sostanze che vengono in massima parte ritrovate sul particolato (metalli pesanti, e molte sostanze organiche pericolose per la salute). Tale scelta è risultata inoltre in linea con i principali studi epidemiologici condotti sulle ricadute delle emissioni di inceneritori

Il calcolo delle mappe di ricaduta è stato effettuato a partire dai seguenti input:

- dati meteorologici relativi all'area di localizzazione dell'impianto
- dati di emissione delle sorgenti fisse del termovalorizzatore

Sono stati utilizzati i dati meteo climatici acquisiti dalla stazione meteo di ARPA Lombardia localizzata nel Comune di Valmadrera. Per la definizione del calcolo meteo si è fatto riferimento all'intera serie di dati meteo registrati dalla stazione di Valmadrera (dal 2006 al 2016). Sono stati considerati gli anni dal 2006 compreso, poiché solo da quella data erano disponibili i dati meteo della stazione meteo di Valmadrera.

Per la realizzazione delle mappe di ricaduta dall'impianto di incenerimento sono stati utilizzati i modelli a puff che rappresentano un passo in avanti nel campo della modellistica: tali modelli schematizzano il pennacchio non come un continuum ma come un insieme di sottoinsiemi. I più evoluti sono i modelli lagrangiani-gaussiani: cioè modelli non stazionari che utilizzano la distribuzione gaussiana solo per modellizzare la dispersione degli inquinanti all'interno dei singoli puff. In questi modelli si è introdotta la logica gaussiana all'interno di un particolare tipo di modello lagrangiano a traiettoria, integrandola in modo tale da permettere la ricostruzione dei valori di concentrazione in condizioni non omogenee e non stazionarie. Il valore della concentrazione in un punto è ottenuto infatti tramite la somma dei contributi delle concentrazioni dei vari puff all'interno del dominio, dove la dispersione all'interno di ogni puff segue una legge di tipo gaussiano.

Dopo attento esame, il modello scelto, per meglio descrivere la situazione dell'inceneritore di Valmadrera, è stato identificato nel modello a puff, che si adatta particolarmente bene alle condizioni del dominio da analizzare.

Nell'ambito dei modelli a puff, a seguito di un ulteriore approfondimento, si sono valutati i migliori software disponibili: la scelta è ricaduta sulla specifica catena modellistica CALMET/CALPUFF. CALPUFF è un software che si basa su un modello di dispersione a puff non stazionario, multi-strato e multi-specie che ricostruisce i valori di concentrazione in condizioni non omogenee e non stazionarie come somma dei contributi delle concentrazioni dei vari puff nel dominio. Tale modello permette la simulazione degli effetti dovuti alla variazione spaziale e temporale delle

condizioni meteorologiche che agiscono sul trasporto, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti atmosferici. Il modello include una parametrizzazione degli effetti applicabile ai terreni a orografia complessa. Per rappresentare le aree costiere viene discretizzata ulteriormente la griglia di calcolo (CTSG, *Subgrid-scale Complex Terrain module*). Il modello elabora i dati meteorologici e di emissione alla sorgente, fornendo attraverso post-processor una mappatura delle concentrazioni al suolo. Le maggiori potenzialità di CALPUFF vengono espresse con l'utilizzo di campi meteorologici tridimensionali generati da CALMET che è in grado di produrre campi orari tridimensionali di vento e bidimensionali delle principali variabili micro meteorologiche descrittive della turbolenza.

Il modello è stato adottato dalla *US Environmental Protection Agency (USEPA)* nella sua Linea guida sui modelli di qualità dell'aria come il modello preferito per la valutazione del trasporto a lungo raggio di sostanze inquinanti e dei loro impatti, nonché per le applicazioni in campo vicino che comportino: variabilità delle condizioni meteorologiche, presenza di orografia complessa, presenza di calme di vento.

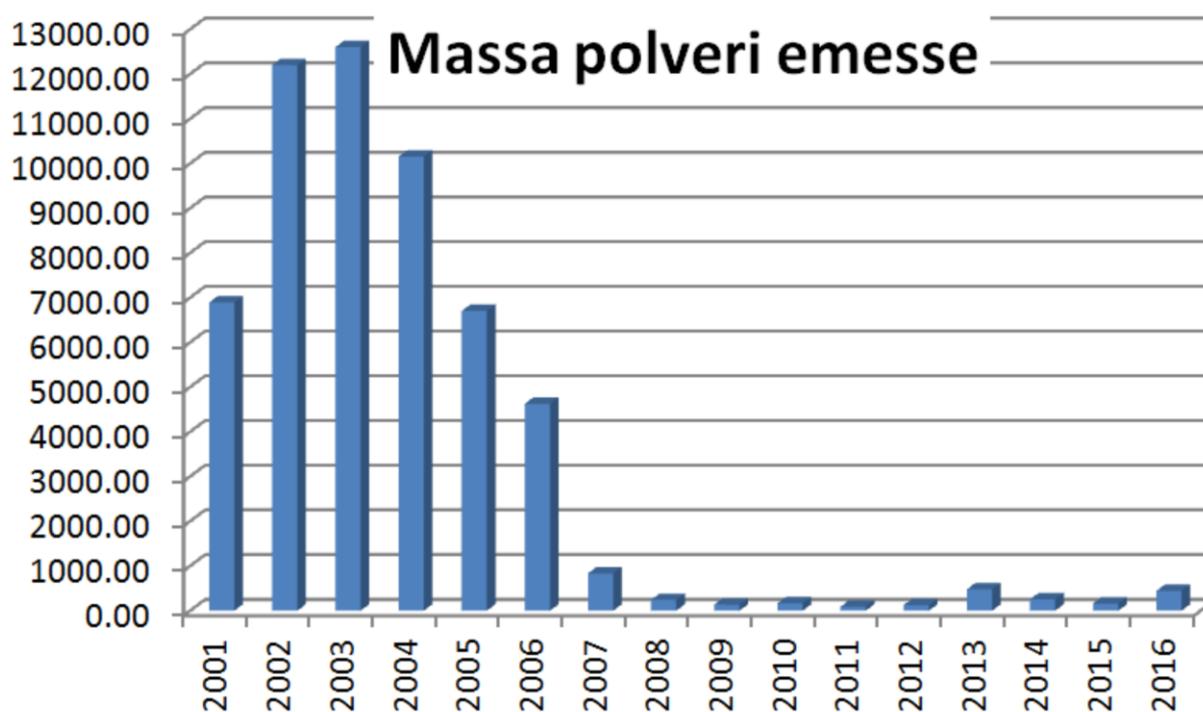
L'utilizzo di CALPUFF è inoltre consigliato da U.S. EPA nel caso sussistano condizioni di non stazionarietà, in presenza di situazioni geografiche peculiari, quali la discontinuità terra – acqua originata dalla presenza di linee costiere (ad esempio presenza di specchi lacustri nell'area oggetto di studio) e le situazioni ad “orografia complessa” che richiedono un'accurata ricostruzione del campo di vento.

In ragione del fatto che il sistema CALMET (<https://www.enviroware.it/calmet/>) processa i dati meteo su un periodo temporale di un singolo anno solare, al fine di evitare di usare informazioni che possono risentire di peculiarità meteo eccezionali non rappresentative della situazione media, a partire dai dati meteo della stazione di Valmadrera è stato costruito un *anno virtuale rappresentativo delle condizioni meteorologiche medie* del territorio oggetto di indagine. La scelta di considerare un anno medio comporta un modello più adatto a descrivere un periodo prolungato di osservazione, anche dal punto di vista dei dati sanitari.

Per quanto concerne i dati di emissione delle sorgenti fisse del termovalorizzatore, tali sorgenti sono state caratterizzate a partire dai dati di emissione monitorati nell'anno 2005, considerato rappresentativo dello scenario emissivo peggiore (scenario 1), antecedente ad un intervento di “revamping” delle linee di trattamento rifiuti e all'upgrade del sistema di abbattimento fumi.

Dal 2005 in avanti le emissioni sono significativamente diminuite. Il quantitativo annuo di polveri emesse nel 2005 è risultato pari a 6.700 Kg, Il quantitativo annuo di polveri emesse nel 2016 è diminuito del 93,4% ed è risultato pari a 441 kg (figura 2).

Figura 2 Emissioni di polveri in massa a camino, per anno, dell'impianto di incenerimento Silea (periodo 2001-2016)



Per quanto riguarda le emissioni a camino dell'impianto su cui si è basato il modello di dispersione, è stato considerato il dato di concentrazione a camino misurato nell'anno 2005.

Per un approfondimento sulla metodologia usata nella realizzazione del modello di dispersione si fa riferimento al report di Tecno habitat.

### Output del modello di dispersione

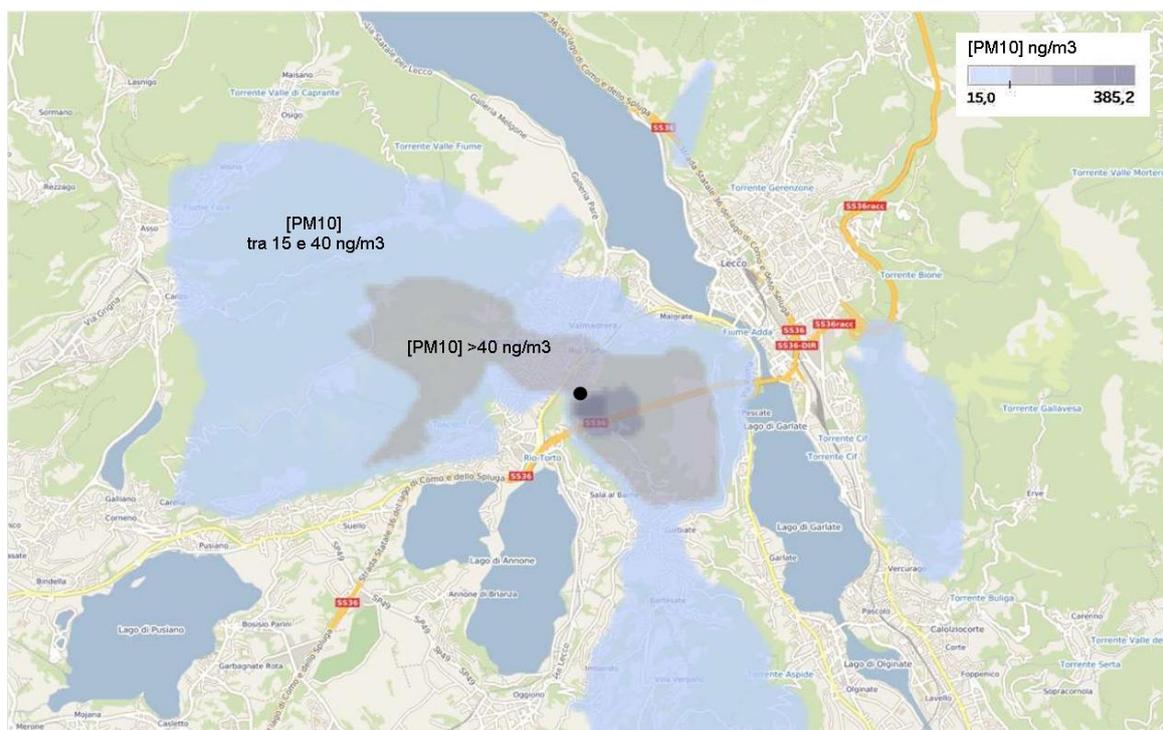
Sulla base dei dati di input sopra descritti, su una griglia di 37.000 punti, per ogni punto il modello ha stimato un valore di concentrazione del PM10. Le curve di iso-concentrazione sono state estrapolate attraverso un processo di interpolazione a partire dai dati di concentrazione della griglia di calcolo.

Le esposizioni ambientali sono state suddivise in tre classi, sulla base del contributo specifico di PM10 dell'impianto, per definire tre aree a differente esposizione, come illustrato in figura 3:

- a. Bassa esposizione concentrazioni di  $[PM10] < 15 \text{ ng/m}^3$
- b. Media esposizione:  $15 \text{ ng/m}^3 \leq [PM10] \leq 40 \text{ ng/m}^3$
- c. Alta esposizione: concentrazioni di  $[PM10] > 40 \text{ ng/m}^3$

La suddivisione in 3 classi è stata formulata anche sulla base della distribuzione della popolazione nell'area in studio, per evitare di creare strati di popolazione troppo poco numerosi e quindi potenzialmente a rischio di ottenere stime meno precise e più instabili. Nello specifico si evidenzia che il livello di esposizione a PM10 più alto è pari a un millesimo del valore limite, previsto dalla normativa europea ed italiana vigente. Tale Valore Limite (VL) per il PM10 è pari a  $40 \mu\text{g/m}^3$  su base annua. Per la valutazione dell'impatto delle emissioni dell'impianto, si è considerato il valore di  $40 \text{ ng/Nm}^3$ , che corrisponde al 95° percentile della distribuzione delle concentrazioni di PM10 risultanti dalle stime del modello di ricaduta delle emissioni dell'impianto di SILEA. Il limite dei  $15 \text{ ng/Nm}^3$ , che delimita l'area a bassa esposizione, corrisponde invece al 70° percentile della distribuzione delle concentrazioni di PM10.

Figura 3: Mappa di dispersione delle concentrazioni di PM10 in  $\text{ng/Nm}^3$  emesse dall'impianto, nell'area in studio.



## **Disegno dello studio epidemiologico**

Nello studio è stato utilizzato il disegno di coorte storica (retrospettiva), basato sulla storia residenziale della popolazione residente nell'area e sui dati di salute di tale popolazione nell'arco di tempo che va dal 1° gennaio 2003 al 31 dicembre 2016. La coorte storica dei residenti è stata costruita combinando i dati informatizzati delle anagrafi storiche forniti dagli uffici anagrafici dei Comuni coinvolti nello studio con i dati della Nuova Anagrafe sanitaria Regionale (NAR), forniti dall'Agenzia di Tutela della Salute Brianza (ATS Brianza).

## **Caratterizzazione dell'esposizione**

Sono stati raccolti gli archivi delle anagrafi storiche dei sette Comuni partecipanti allo studio e, attraverso l'analisi delle movimentazioni anagrafiche, sono state ricostruite le storie residenziali dei soggetti residenti: i movimenti in ingresso e in uscita e le variazioni di indirizzo per ogni singolo soggetto residente nei Comuni coinvolti. A seguito di verifiche di coerenza tra le movimentazioni residenziali è stata effettuata un'armonizzazione della toponomastica e sono stati geo-riferiti gli indirizzi di residenza. Laddove non è stata possibile la georeferenziazione dell'indirizzo, è stata considerata un'approssimazione all'indirizzo geo-riferito più vicino oppure, in assenza completa di informazioni sull'indirizzo di residenza ad eccezione del nome del comune, al centroide del Comune. A tutti gli indirizzi e numeri civici è stata associata la relativa sezione di censimento.

Ai soggetti nella coorte è stato attribuito un valore di concentrazione di ricaduta di PM10 dall'impianto nell'area in studio sulla base dell'indirizzo e del numero civico di residenza, per ciascuna durata di permanenza, in caso di cambiamenti di residenza, in modo da poter quantificare il tempo trascorso dalla persona ad uno specifico indirizzo nelle tre aree a bassa, media e alta esposizione.

Il numero totale di soggetti considerati dallo studio è pertanto superiore al totale dei residenti risultante alle anagrafi ad una data definita (ad es. il 31.12 di un anno), in quanto considera tutti i soggetti che sono stati presenti sul territorio nel periodo di tempo considerato, in qualunque momento della loro vita, compresi quelli deceduti nel corso del periodo.

## **Follow-up di salute**

L'ATS Brianza, titolare delle informazioni sullo stato di salute della popolazione sul territorio di propria competenza, e che collabora attivamente alla realizzazione del progetto, ha fornito le informazioni, opportunamente anonimizzate, sullo stato in vita e sullo stato di salute per ogni soggetto.

### **Stato in vita e cause di morte**

Per quanto riguarda lo stato in vita della popolazione nella coorte e le cause di decesso sono stati utilizzati i dati provenienti dal Registro Nominativo delle Cause di Morte (ReNCaM) presente presso il Servizio di Epidemiologia di ATS Brianza, previa validazione dei dati tramite riferimenti ISTAT. Il follow-up dello stato in vita e della causa di morte è stato effettuato considerando i dati della mortalità relativi al periodo 2004-2015. Sono state valutate, quali cause di morte, i grandi gruppi di cause, e le cause specifiche riguardanti sedi e tipi di tumore, malattie dismetaboliche, neurologiche, vascolari, respiratorie.

### **Schede di dimissione ospedaliera**

. Le schede di dimissione ospedaliera (SDO) sono uno strumento informativo per la raccolta dei dati relativi alla singola dimissione da un istituto di ricovero e costituiscono la sintesi delle informazioni contenute nella cartella clinica, di cui è parte integrante.

Per le analisi della morbosità per causa sono state utilizzate le SDO dei residenti disponibili presso l'ATS Brianza relative ai ricoveri avvenuti entro e fuori regione. La selezione di cause indagate nel flusso informativo della mortalità è stata utilizzata anche per le analisi sulle dimissioni ospedaliere. Per ogni patologia in studio è stato considerato esclusivamente il primo ricovero (come *proxy* dell'incidenza di malattia) avvenuto durante il periodo di follow-up. Per quest'analisi sono state utilizzate le informazioni provenienti dalle schede di dimissione ospedaliera relative al periodo 2005-2015.

### **Registro Tumori**

Per quanto riguarda l'incidenza di patologie oncologiche sono stati analizzati i dati del Registro Tumori attivo presso il Servizio di Epidemiologia dell'ATS Brianza, accreditato dalla International Agency for Research on Cancer (Iarc) e dall'Associazione Italiana dei Registri Tumori (AIRTUM). I registri tumori raccolgono informazioni sui casi di tumore nella popolazione residente in un determinato territorio e sorvegliano l'andamento della patologia oncologica archiviando. Tra i flussi informativi, oggi presenti nel panorama sanitario italiano, sono di sicuro la fonte più attendibile per quanto concerne la codifica nosologica delle patologie oncologiche. Le analisi sull'incidenza dei tumori sono state condotte considerando i dati relativi al periodo 2003-2010.

## **Esiti perinatali - Certificati di Assistenza al Parto**

Per quanto concerne gli esiti perinatali sono stati utilizzati per le analisi i dati raccolti nei Certificati di Assistenza al Parto (CedAP), relativi al periodo 2011-2016, con l'analisi dei seguenti *outcome* (esiti):

- Proporzione nati di sesso femminile: numero femmine sul totale nati
- Nati pre-termine: nati prima della 37 settimana (escludendo i parti gemellari)
- Numero di parti gemellari
- Basso peso alla nascita, ovvero peso alla nascita minore di 2.500 g
- Presenza di malformazioni congenite.

Per quanto concerne i nati pre-termine e i nati con basso peso alla nascita sono stati esclusi dalle analisi i parti gemellari.

### **Selezione degli *outcome* di salute.**

Per la selezione degli indicatori di salute da indagare nelle analisi ci si è riferiti in particolare alla revisioni di Porta (Porta et al 2009), allo studio SENTIERI - Studio epidemiologico nazionale dei territori e degli insediamenti esposti a rischio da inquinamento (Pirastu et al 2014): mortalità, incidenza oncologica e ricoveri ospedalieri, e al protocollo per l'analisi degli effetti a lungo termine, prevista come sorveglianza epidemiologica degli effetti sulla salute dell'inceneritore di Torino. Il programma SPOTT (Sorveglianza sulla salute della Popolazione nei pressi del Termovalorizzatore di Torino), ha l'obiettivo di creare un sistema di sorveglianza che consenta di valutare gli effetti avversi dell'inquinamento ambientale sulla salute nelle aree circostanti il termovalorizzatore torinese. Si è scelto di considerare anche esiti di salute segnalati in alcuni studi su esposizioni del passato, anche se non confermati da studi più recenti considerato che diversi effetti potenziali sulla salute che abbiamo valutato nella coorte sono effetti cronici a lungo termine, che potrebbero riferirsi ad eventuali esposizioni precedenti alla finestra temporale di questo studio (2003-2016). Ciò ovviamente è stato fatto coerentemente con la scelta di voler considerare il principio di precauzione nel caso di risultati incerti.

Inoltre sono state indagate anche alcune cause, per le quali è certa l'assenza di un nesso causale con l'esposizione studiata, per valutare la coerenza delle stime prodotte dal modello.

## **Analisi di potenziali confondenti**

### **Variabili socio economiche**

Per aggiustare le analisi per un possibile effetto di confondimento socioeconomico, è stato usato l'indice di deprivazione (id) calcolato per ogni sezione di censimento, sulla base del censimento della popolazione ISTAT del 2001, utilizzando la metodologia di Caranci et al 2010. Ad ogni soggetto è stata attribuita la classe di indice di deprivazione della sezione di censimento di residenza (5 classi, da "non deprivata" a "molto deprivata", secondo il criterio dei quintili della distribuzione). L'utilizzo dell'indice di deprivazione per aggiustare le stime di esposizione, è anche motivato dal fatto che molti dei fattori di confondimento legati agli stili di vita (fumo, alcool, alimentazione) e che spesso si associano al fatto di abitare in zone a scarso appeal abitativo (ad es. vicino ad un inceneritore) sono correlati con tale indice che quindi permette di poter controllare in parte, in modo indiretto, per tali fattori.

### **Esposizione a traffico veicolare**

Non essendo disponibili modelli di diffusione degli inquinanti per considerare un eventuale effetto di esposizione a traffico veicolare, si è deciso di testare nelle analisi l'inserimento di una variabile che tenga conto della distanza dei civici di residenza (e quindi della coorte di residenti) dalla strada provinciale ad alto scorrimento. Come misura *proxy* di esposizione è stata utilizzata la distanza della residenza dalla strada, calcolata misurando la distanza perpendicolare dal civico di residenza alla strada provinciale. L'esposizione è stata resa dicotomica (esposizione sì/no) considerando una distanza minore a 150 m. Questa variabile non è stata però considerata nel modello finale di analisi poiché non ha prodotto variazioni significativo nelle stime

### **Analisi di sensibilità**

Sono state effettuate analisi di sensibilità per escludere alcuni potenziali effetti cluster derivanti da selezioni di popolazione nell'area in studio considerata:

1. L' esclusione degli over 80enni dalle analisi non ha modificato in modo significativo le stime e quindi nel modello finale è stata considerata l'intera popolazione con tutte le fasce di età
2. E' stato anche testato l'effetto di potenziale selezione derivante dall'aver inserito nell'area di bassa esposizione la popolazione residente nel Comune di Lecco. L'esclusione dalle analisi della suddetta popolazione non ha però modificato in modo significativo le stime.
3. Un fattore rilevante che può introdurre ulteriori distorsioni nelle stime negli studi di epidemiologia ambientale, che si basano su modelli di dispersione e su coorti di residenti,

deriva dalla presenza di alcuni gruppi di soggetti molto anziani o con problemi di salute, come le persone che risiedono in maniera inevitabilmente concentrata presso l'indirizzo e numero civico delle Residenze Sanitarie Assistenziali (RSA). Dato che gli *outcome* studiati riguardano mortalità e patologie legate alla cronicità e quindi frequentemente presenti nella popolazione anziana, per ridurre questo tipo di distorsione si è deciso di escludere dalle analisi, sulla base dell'indirizzo e civico di residenza, tutti i soggetti residenti nelle RSA dell'area in studio. Anche se le stime non hanno subito variazioni rilevanti si è deciso comunque di escludere i residenti in RSA dalle analisi finali.

## **Analisi statistica**

Nelle analisi sono stati inclusi esclusivamente i soggetti che hanno risieduto per almeno per 1 anno all'interno dell'area in studio, a partire dalla data di inizio dello studio (1° gennaio 2003). Per ogni soggetto è stato calcolato il tempo di osservazione (anni persona) tra l'entrata nello studio (all'inizio del periodo in studio o in un tempo successivo per i nati e i trasferiti da altro comune) e la fine del periodo di osservazione o il ricovero ospedaliero, il decesso o l'insorgenza di una patologia in studio. Il periodo di osservazione, e quindi il calcolo degli anni-persona, è diverso per le diverse fonti di dati, in relazione alla disponibilità dei dati nei diversi anni.

Sono stati inclusi nell'analisi della mortalità i soggetti per cui erano disponibili le informazioni sullo stato in vita. Le analisi, condotte separatamente per donne e uomini, e aggiustate per l'età considerata in classi ventennali (0-20, >20-40, >40-60, >60-80 e >80), mettono a confronto la popolazione che risiedeva nell'area con stime di concentrazioni di PM10 maggiori di 15 ng/m<sup>3</sup> (area a media esposizione) e la popolazione di residenti nell'area con stime di concentrazione di PM10 maggiore di 40 ng/m<sup>3</sup> (area ad alta esposizione) con la popolazione che risiedeva nell'area con stime di concentrazioni di PM10 minori di 15 ng/m<sup>3</sup> (area a bassa esposizione) quale popolazione di riferimento. Per l'analisi statistica è stato utilizzato un modello di regressione multipla a rischi proporzionali di Cox, aggiustato per l'età dei soggetti e per l'indice di deprivazione, per stimare gli *Hazard Ratio* (HR), quali misure di associazione, considerando un intervallo di confidenza delle stime di HR del 95%. Mediante il medesimo modello, sono stati effettuati test statistici a due code sui coefficienti (test di Wald) con soglia di rifiuto dell'ipotesi nulla del 5%. Ciò comporta la possibilità di una lettura degli intervalli di confidenza al 95%, che di per sé sono una misura di incertezza delle stime, anche come risultato del test statistico, con rifiuto dell'ipotesi nulla (associazione dovuta al caso) quando i limiti di confidenza non comprendevano il valore nullo (HR =1), Nell'interpretazione dei risultati, va tenuto presente il problema dei test multipli: poiché sono state effettuate analisi per molteplici cause di morte, ricoveri e incidenza dei tumori, utilizzando una soglia del 5% per i test

statistici ci si attende che circa il 5% dei risultati positivi possa essere dovuta al caso (falsi positivi). Si è tuttavia deciso di non applicare le soluzioni comunemente proposte per questo problema, come la riduzione della soglia di rifiuto dell'ipotesi nulla, in quanto generalmente non impiegati in studi di epidemiologia ambientale per il rischio di non evidenziare associazioni effettivamente esistenti (falsi negativi). Per le analisi è stato utilizzato il *software* STATA versione 13.

### **Breve descrizione delle stime statistiche utilizzate.**

Il rapporto di rischio o *Hazard Ratio* (HR) nell'analisi di sopravvivenza è il rapporto tra il tasso di rischio istantaneo di un evento in due condizioni a confronto (in questo studio: risiedere in una zona ad alta esposizione, o in una a media o alta esposizione rispetto a risiedere in una zona a bassa esposizione) e rappresenta quindi l'effetto di una variabile indipendente (in questo caso l'esposizione all'inceneritore) sul rischio di avere un evento in studio.

La stima puntuale è accompagnata dall'intervallo di confidenza al 95% (IC 95%), che indica la precisione della stima fornendo uno spettro di valori entro cui è ragionevolmente probabile si posizioni il vero valore (Gardner & Altman, 1986).

La stima dell'HR quindi riflette la dimensione dell'effetto, indica cioè l'aumento del rischio, se l'HR è maggiore di 1, nessuna differenza nel rischio, se HR è uguale a 1, e una riduzione del rischio se l'HR è minore di 1. , L'intervallo di confidenza dipende, in buona parte, dalla numerosità delle osservazioni su cui si basa la stima, e la sua ampiezza indica l'incertezza della stima: se l'intervallo è ampio è difficile trarre conclusioni sulle stime osservate, mentre se è stretto si può essere ragionevolmente confidenti che il valore "vero" sia abbastanza vicino alla stima prodotta.

### **Criteri utilizzati per l'interpretazione dei risultati.**

Gran parte della ricerca epidemiologica mira a scoprire le cause e i fattori di rischio delle malattie. Alcuni esperti si rifanno a una *check-list* per l'inferenza causale, mentre altri usano complessi metodi statistici, ma purtroppo la risposta non è così facilmente deducibile da uno di questi approcci. Negli studi epidemiologici ed in particolare in quelli di epidemiologia ambientale non esistono semplici liste che permettono di determinare se una relazione osservata sia causale oppure no. Esistono però tentativi autorevoli che hanno ispirato la ricerca epidemiologica nel suo corso. E' stato deciso quindi, su indicazione del Comitato Scientifico, di proporre una serie di punti che possano guidare a priori l'interpretazione dei risultati di questo studio. L'elenco di criteri sotto riportato si basa principalmente su una lista di criteri, certamente la più utilizzata, postulati nel 1964 da Bradford Hill (Rothman, 2002).

1. Coerenza: le patologie per le quali si è trovato un eccesso di rischio significativo devono essere già state evidenziate in precedenza in studi analoghi.
2. Forza dell'associazione: i rischi relativi dovrebbero essere maggiori di 2 e basati su almeno 3 casi osservati, o essere almeno statisticamente significativi alla soglia del 5% (test a due code)
3. Temporalità: le patologie per le quali si osservano eccessi di rischio, devono essere insorte dopo l'esposizione all'agente causale.
4. Coerenza tra i due sessi: nel caso di esposizione ad inquinanti atmosferici ambientale, si presume che eventuali eccessi di rischio debbano essere presenti in egual misura in entrambi i sessi.
5. Relazione dose-effetto: di regola si devono osservare rischi crescenti per esposizioni crescenti, ovvero rischi maggiori nelle aree a più alta esposizione rispetto a quelle a media esposizione, confrontandole con quelle a bassa esposizione come riferimento.

Solo in presenza di tutti i criteri, o almeno dei criteri 1,3,4,5 e in assenza di potenziali errori sistematici (*bias*) dello studio si possono interpretare i risultati di associazione in maniera causale. Per contro, la presenza di rischi piccoli, anche se statisticamente significativi, presenti ad esempio in uno solo dei due sessi, senza una relazione dose-effetto, depone per la compresenza nell'area di maggiore esposizione di altri fattori non controllati, e di conseguenza di associazioni spurie e non causalmente correlabili con l'esposizione, o risultati casuali, dovuti all'impiego di test multipli, come detto (falsi positivi).

## Risultati

Tabella 2. Numero di soggetti della coorte residenti per almeno 1 anno nell'area in studio, nel periodo 2003-2016 per Comune e per livello di esposizione alle emissioni dell'impianto.

	Bassa Esposizione [PM10] <15 ng/m <sup>3</sup>		Media Esposizione [PM10] tra 15 - 40 ng/m <sup>3</sup>		Alta Esposizione [PM10] > 40 ng/m <sup>3</sup>		Totale
	N	%	N	%	N	%	N
Annone							
Brianza	2.188	99,4	4	0,2	10	0,5	2.202
Civate	4.027	71,4	1.591	28,2	24	0,4	5.642
Galbiate	3.730	40,7	5.233	56,7	250	2,6	9.213
Lecco	65.708	99,8	9	0,0	127	0,2	65.844
Malgrate	2.227	50,2	2.276	49,8	2	0,0	4.505
Suello	1.690	100,0	0	0,0	0	0,0	1.690
Valmadrera	1.077	9,5	7.057	61,6	3.346	28,9	11.480
Totale	80.647	80,2	16.170	16,1	3.759	3,7	100.576

I soggetti arruolati nella coorte perché residenti nell'area in studio sono stati 106.056 (54.919 donne e 51.137 uomini). Sono stati esclusi dall'analisi 5.480 soggetti (di cui 2.808 donne), residenti da meno di un anno nell'area in studio.

In tabella 2 è riportata la popolazione che è stata inclusa nelle analisi (100.576 soggetti, 52.111 donne e 48.465 uomini), per Comune di residenza ed esposizione alle emissioni dell'impianto: bassa esposizione [PM10] < 15 ng/m<sup>3</sup>, media esposizione [PM10] tra 15 - 40 ng/m<sup>3</sup> e alta esposizione [PM10] > 40 ng/m<sup>3</sup>.

La popolazione della coorte storica risulta essere più numerosa della popolazione ISTAT descritta nella Tabella 1, poiché non è la fotografia della popolazione di un singolo anno, ma è una coorte che comprende anche soggetti che hanno risieduto in uno dei comuni dell'area interessata anche per un breve periodo della loro vita (almeno un anno di residenza), durante il periodo in studio (2003-2016). La tabella 3 mostra la distribuzione della popolazione, per genere, classe di età e indice di deprivazione.

Tabella 3. Distribuzione per genere, età e indice di deprivazione, della popolazione, nelle aree di differenziale concentrazione di PM10.

	Donne							Uomini							Totale
Classe di età	Livello di esposizione						Tot donne	Livello di esposizione						Tot uomini	Totale
	Bassa		Media		Alta			Bassa		Media		Alta			
	N	%	N	%	N	%	N	N	%	N	%	N	%	N	
0-20	6.053	83,7	967	13,4	215	3,0	7.235	6.330	84,2	975	13,0	216	2,9	7.521	14.756
20-40	9.308	79,4	1.950	16,6	466	4,0	11.724	10.095	80,0	2.052	16,3	467	3,7	12.614	24.338
40-60	10.443	80,2	2.105	16,2	473	3,6	13.021	10.559	79,6	2.187	16,5	512	3,9	13.258	26.279
60-80	8.753	77,7	2.035	18,1	484	4,3	11.272	7.703	76,3	1.914	19,0	481	4,8	10.098	21.370
oltre 80	7.267	82,0	1.319	14,9	273		8.859	4.136	83,2	666	13,4	172	3,5	4.974	13.833
Indice di Deprivazione															
1° quintile	10.334	85,8	1.694	14,1	18	0,1	12.046	9.946	86,1	1.591	13,8	15	0,1	11.552	23.598
2° quintile	5.207	67,9	2.155	28,1	302	3,9	7.664	4.783	68,0	1.969	28,0	280	4,0	7.032	14.696
3° quintile	6.060	83,4	625	8,6	577	7,9	7.262	5.848	84,4	529	7,6	552	8,0	6.929	14.191
4° quintile	6.949	89,2	380	4,9	462	5,9	7.791	6.263	88,9	372	5,3	412	5,8	7.047	14.838
5° quintile	12.794	76,6	3.412	20,4	493	3,0	16.699	11.521	75,7	3.216	21,1	487	3,2	15.224	31.923
missing	480	74,0	110	16,9	59	9,1	649	462	67,8	117	17,2	102	15,0	681	1.330
Totale	41.824	80,3	8.376	16,1	1.911	3,7	52.111	38.823	80,1	7.794	16,1	1.848	3,8	48.465	100.576

Dopo l'effettuazione del follow-up dello stato in vita, effettuato attraverso i dati di mortalità del RENCAM di ATS Brianza e dell'anagrafe degli assistiti lombarda, sono risultati 1.000.242 anni persona per la coorte di residenti nel periodo in studio.

L'indice di deprivazione risulta associato alla maggior parte degli esiti in studio: nelle classi più deprivate il rischio di malattia/morte aumenta significativamente rispetto alla classe meno deprivata. Dai risultati di un'analisi di sensibilità (non riportata), che ha messo a confronto gli HR con e senza aggiustamento per indice di deprivazione, non sono tuttavia emerse differenze significative; nelle tabelle si è, quindi, ritenuto opportuno presentare i soli rapporti di rischio (HR) aggiustati per indice di deprivazione per non appesantire la lettura dei risultati.

Nelle Tabelle 4-9 sono riportati i rapporti di rischio (HR=*Hazard Ratio*) per causa di primo ricovero, per la mortalità causa-specifica, per le patologie tumorali (Registro Tumori), e per gli esiti perinatali che risultano dal confronto dei residenti nell'area di alta esposizione e media esposizione confrontate con quelli residenti nell'area a bassa esposizione. Il controllo del confondimento per sesso, età e indice di deprivazione è stato fatto stratificando le analisi separatamente per uomini e donne, e aggiustando il rischio per età ed indice di deprivazione.

### **Analisi dei ricoveri ospedalieri (Schede di Dimissione Ospedaliera - SDO).**

Dalle analisi dei dati (tabelle 4 e 5) provenienti dalle Schede di Dimissione Ospedaliera, che hanno permesso di analizzare le cause di ricovero, non si evidenziano incrementi statisticamente significativi presenti in entrambi i sessi per nessuna causa tumorale.

Specificatamente, per i grandi gruppi di cause, non si rilevano aumenti statisticamente significativi nei due sessi per:

- Malattie infettive
- Tutti i tumori
- Malattie endocrine
- Malattie del sangue
- Disturbi psichici
- Malattie sistema nervoso
- Malattie apparato circolatorio
- Malattie apparato respiratorio
- Malattie apparato digerente
- Malattie apparato genito-urinario
- Complicanze gravidanza-parto
- Malattie della pelle
- Malattie osteomuscolari-connettivo
- Malformazioni congenite
- Condizioni morbose perinatali
- Malattie maldefinite
- Cause accidentali

Tra le patologie specifiche, non si rilevano eccessi statisticamente significativi per:

- Tumori maligni
- Tumori esofago
- Tumori stomaco
- Tumori colon-retto
- Tumori pancreas
- Tumori laringe
- Tumori trachea-bronchi-polmoni
- Tumori connettivo-tessuti molli
- Melanoma
- Tumori mammella
- Tumori utero
- Tumori ovaio
- Tumori prostata
- Tumori vescica
- Tumori rene-pelvi-uretere
- Encefalo e altri tumori del SNC
- Tumori tiroide
- Linfomi non-Hodgkin
- Mieloma Multiplo e tumori immuno-proliferativi
- Leucemie
- Diabete mellito
- Morbo di Parkinson
- Malattie cardiache
- Malattie ischemiche del cuore
- Infarto acuto del miocardio
- Malattie cerebro-vascolari
- BPCO
- Asma
- Maldefinite
- Endometriosi

Si rileva un eccesso statisticamente significativo per il tumore del fegato e vie biliari dei più esposti verso i meno esposti. Nel sesso femminile il rischio di primo ricovero per tumori del fegato e dei dotti biliari (HR, Hazard Ratio) per chi risiede nell'area a media e alta esposizione rispetto ai meno esposti è di 1,57 (IC95% 1,01-2,44); per chi risiede solo nell'area ad alta esposizione è di 2,67 (IC95% 1,36-5,27); negli uomini i valori sono rispettivamente pari a 1,54; (IC95% 1,10-2,14) per i residenti nelle aree a media e alta esposizione rispetto alla bassa; di 2,13; (IC95% 1,21-3,75) tra coloro che risiedono solo nell'area ad alta esposizione rispetto alla bassa.

Rischi significativamente più alti sono stati riscontrati, solo tra gli uomini, per: malattie dell'apparato respiratorio, per le quali si osserva un eccesso per i residenti nell'area a media + alta esposizione (HR: 1,10; IC95% 1,01-1,20) e per bronco pneumopatie croniche (HR: 1,30; IC95% 1,05-1,63) e asma (HR: 1,83; IC95% 1,09-3,06).

Tra le donne, invece, che risiedono nelle aree ad esposizione media e alta cumulate (ma non negli uomini) sono stati riscontrati dei rischi significativamente più alti nei ricoveri per malattie tumorali dell'encefalo e di altre sedi del SNC (HR: 1,68; IC95% 1,10-2,56), per i tumori della pleura (HR: 2,59; IC95% 1,06-6,32) e per i disturbi psichici (HR: 1,19; IC95% 1,00-1,40, con HR significativo anche solo nell'area a maggiore esposizione: 1,66; IC95% 1,24-2,22).

Infine si evidenzia una riduzione del rischio, statisticamente significativa, per complicanze legate alla gravidanza e al parto in entrambe le aree di esposizione (media + alta HR: 0,85; IC95% 0,79-0,91; alta HR: 0,80; IC95% 0,70-0,92). Per quanto riguarda gli esiti perinatali non si evidenziano differenze significative né per le malformazioni congenite, né per le condizioni morbose perinatali.

Per quanto riguarda i ricoveri per tutte le altre cause indagate (es: infarto al miocardio, malattie cerebrovascolari e per tutte le altre cause tumorali specifiche), non si evidenziano rischi aumentati né tra le donne, né tra gli uomini, in entrambe le aree a diversa esposizione.

### **Analisi della mortalità (cause di morte)**

Per quanto riguarda le analisi condotte sulle cause di morte, derivate dal flusso informativo della mortalità ISTAT, (tabelle 5 e 6), non si evidenzia nessuna causa di morte, tra quelle indagate, che presenti aumenti significativi dei rischi sia tra gli uomini che tra le donne.

Nello specifico, non sono stati evidenziati rischi per i grandi gruppi di cause:

- Tutte le cause (escluse accidentali)
- Malattie infettive
- Tutti i tumori
- Malattie endocrine
- Malattie del sangue
- Disturbi psichici
- Malattie sistema nervoso
- Malattie apparato circolatorio
- Malattie apparato digerente

- Malattie apparato genito-urinario
- Complicanze gravidanza-parto
- Malattie della pelle
- Malattie osteomuscolari-connettivo
- Malformazioni congenite
- Condizioni morbose perinatali
- Malattie maldefinite
- Cause accidentali

Non sono stati parimenti riscontrati eccessi per le seguenti cause di morte specifiche:

- Tumori maligni
- Malattie cardiache
- Tumori esofago
- Tumori stomaco
- Tumori colon-retto
- Tumori pancreas
- Tumori laringe
- Tumori trachea-bronchi-polmoni
- Tumori connettivo-tessuti molli
- Melanoma
- Tumori mammella
- Tumori utero
- Tumori ovaio
- Tumori prostata
- Tumori vescica
- Tumori rene-pelvi-uretere
- Encefalo e altri tumori del SNC
- Tumori tiroide
- Linfomi non-Hodgkin
- Mieloma Multiplo e tumori immuno-proliferativi
- Leucemie
- Diabete mellito
- Morbo di Parkinson
- Infarto acuto del miocardio
- Malattie cerebro-vascolari
- BPCO
- Asma
- Maldefinite
- Endometriosi

Per quanto concerne la mortalità per tutte le cause, escluse quelle per morte accidentale, si osserva un lieve aumento di rischio, statisticamente non significativo, solo nelle donne, confrontando l'area a medio- alta esposizione (HR: 1,06; IC95% 0,99-1,13) con l'area a più bassa esposizione.

Negli uomini sono stati riscontrati rischi significativamente maggiori per i tumori della pleura, dove è presente un eccesso di rischio, statisticamente significativo, nell'area ad alta esposizione (HR: 3,57; IC95% 1,01-12,62).

Per contro per le malattie dell'apparato digerente è presente una riduzione del rischio, statisticamente significativa, tra gli uomini che risiedono nell'area a media + alta esposizione rispetto all'area a bassa esposizione (HR: 0,57; IC95% 0,36-0,92).

Solo tra le donne, invece, sono emersi dei rischi significativamente più alti nella mortalità per le malattie respiratorie di origine batterica o virale: si osserva un aumento di rischio statisticamente significativo nell'area a media + alta esposizione (HR: 1,58; IC95% 1,04-2,39;), e un eccesso dei rischi per tumori al fegato e vie biliari in entrambe le aree di esposizione (media + alta HR: 1,63, IC95% 1,07-2,48; alta HR: 2,25, IC95% 1,11-4,55).

### **Analisi dell'incidenza tumorale**

Per quanto riguarda l'incidenza dei tumori considerati, analizzati attraverso i dati del Registro Tumori di ATS Brianza, dai risultati riportati in tabella 8 non si evidenziano eccessi per le patologie indagate, ad eccezione dei tumori al fegato e vie biliari, per i quali si rileva un eccesso statisticamente significativo in entrambe le aree di esposizione, sia tra le donne, (medio-alta HR: 1,87, IC95% 1,15-3,05; alta HR: 2,56, IC95% 1,14-5,76) sia negli uomini (media-alta HR: 1,50, IC95% 1,02-2,20; alta HR: 2,25, IC95% 1,11-4,53).

### **Analisi degli esiti perinatali**

Per quanto concerne gli esiti perinatali, riportati in tabella 9, analizzati attraverso i dati registrati sulle schede di assistenza al parto (CEDAP), non si evidenziano eccessi di rischio statisticamente significativi per nessuno degli *outcome* analizzati nel confronto tra neonati da madri residenti nelle aree ad alta o media esposizione, confrontati con quelli nati da madri residenti nell'area a bassa esposizione.

## Discussione

L'impianto di incenerimento SILEA Spa (Valmadrera) è situato in un'area pedemontana, che in parte risente ancora degli effetti dell'inquinamento atmosferico della pianura padana. Le misure di concentrazione del particolato atmosferico (PM10, PM 2,5 così come per altri contaminati aerodispersi) sono disponibili sul sito dell'ARPA Lombardia, e rilevate in continuo dalle centraline al suolo predisposte allo scopo.

L'area presenta delle concentrazioni medie annue di particolato atmosferico che vanno da circa 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2008 e a circa 26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2015 rilevate dalla centralina ARPA di Amendola (Lecco) (Arpa Lombardia). Il contributo dell'inceneritore per il tracciante utilizzato è molto piccolo se paragonato alle concentrazioni sopra citate: le concentrazioni di PM10 stimate al suolo, sulla base delle emissioni dell'inceneritore, sono di vari ordini di grandezza inferiori a quelle misurate nell'area, compresa tra 0,015 e 0,050  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sono presenti nell'area in studio altre sorgenti che contribuiscono in modo rilevante alle concentrazioni di particolato atmosferico, di tipo puntiforme, quali impianti industriali, caldaie domestiche, etc oppure più disperse sul territorio, come strade ad alto traffico veicolare. È stato deciso di non inserire nel modello di analisi la distanza della residenza dei soggetti dalla strada provinciale, sia prima che dopo la costruzione del tunnel del 2000, in quanto dall'analisi di sensibilità non sono risultate differenze apprezzabili nelle stime. Questo studio di coorte retrospettivo indaga potenziali effetti sulla salute che non sono quindi direttamente riferibili alle attuali emissioni dell'impianto, essendo ben al di sotto dei livelli di aereo-inquinati associati a effetti sulla salute in studi epidemiologici (le linee guida sulla qualità dell'aria WHO prevedono un livello di 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Tuttavia, l'approccio da noi seguito è prudenziale in quanto le malattie croniche indagate sono caratterizzate sia da lunghi periodi di esposizione che da notevoli intervalli di tempo di latenza (da pochi anni, come nel caso di alcune patologie cardiovascolari e respiratorie, ad alcuni decenni per cause di tipo tumorale). Pertanto, questo studio misura effetti sulla salute che potrebbero essere riconducibili ad esposizioni risalenti a molti anni prima, soprattutto per gli esiti di mortalità, e quindi a concentrazioni di inquinanti emesse in un periodo precedente rispetto ai lavori di riammodernamento dell'impianto. L'impianto ha subito infatti nel 2006 una profonda ristrutturazione che ha portato una drastica riduzione delle emissioni a camino: le concentrazioni di polveri emesse oggi sono circa mille volte più basse delle concentrazioni emesse negli anni '80 e '90.

Analizzando i risultati nel loro complesso, solo nel caso dei tumori al fegato e vie biliari si evidenziano rischi in eccesso sia per i dati di morbidità analizzati (Schede di Dimissione Ospedaliera e Registro Tumori) sia per la mortalità causa specifica. Gli eccessi di rischio per questa causa raggiungono la significatività statistica in entrambi i generi (tranne nella mortalità, negli uomini, dove, comunque, si evidenzia un eccesso). Si evidenzia anche un aumento del rischio passando dalle aree a bassa a quelle di media e alta esposizione in entrambi i sessi.

Su questo punto va rilevato che, nonostante siano soddisfatti tre dei criteri esplicitati precedentemente per interpretare i risultati, non è soddisfatto il primo criterio: non sono presenti in letteratura studi, condotti con una metodologia adeguata per la valutazione dell'esposizione, che

riportino, in modo consistente, un'associazione causale tra le patologie epatiche e l'esposizione a sostanze emesse da impianti di incenerimento rifiuti, né da inquinamento atmosferico in generale. Unica eccezione è lo studio ecologico di Elliott (Elliott et al, 1996) che mostra però una diminuzione del rischio all'aumentare della distanza di residenza da un impianto di incenerimento. Occorre precisare che in quello studio, che risale a 20 anni or sono, si utilizzava una metodologia per la caratterizzazione dell'esposizione ormai superata. Sono invece ben note le principali cause dei tumori primitivi del fegato (per il 90% epato-carcinoma) anche nel nostro paese, soprattutto le infezioni da virus dell'epatite B e C, per cui andrebbe valutata la presenza di eventuali clusters legati più alla componente infettiva che alla componente ambientale.

Questo risultato implica la necessità di un approfondimento per indagare questo specifico problema, evidenziato nella popolazione in studio.

Per quanto concerne i linfomi non-Hodgkin (Floret N et al 2003, Viel JF et al 2000, Viel JF et al 2008) e ai sarcomi dei tessuti molli (Comba P et al 2003, Zambon P et al 2007), che in alcuni studi recenti sono state associate all'esposizione alla residenza vicino a impianti di incenerimento, non si rilevano eccessi di rischio in questo studio per nessuna delle fonti informative analizzate.

L'eccesso statisticamente significativo che si osserva per i disturbi psichici nell'area a maggiore esposizione (terzo criterio soddisfatto) non soddisfa invece il quarto criterio, i rischi non raggiungono la significatività statistica tra gli uomini e soprattutto non è soddisfatto il primo criterio poiché non vi sono studi pubblicati che rilevino un'associazione con l'esposizione ad inquinanti provenienti da impianti di incenerimento di rifiuti.

Per quanto riguarda l'eccesso di rischio di ricoveri per malattie dell'apparato respiratorio, in particolare per bronco-pneumopatie cronico-ostruttive (BPCO) e per asma, esso è rilevato solo tra gli uomini e non si conferma nelle analisi della mortalità per causa. Inoltre tali rischi si riducono considerevolmente nell'area a più alta esposizione, con un andamento contrario rispetto alle stime di esposizione alle emissioni dell'impianto. Tale quadro sembra solo parzialmente in linea con quanto riportato nello studio Monitor (Ranzi et al, 2011), dove non si rilevano effetti relativi a BPCO e asma. Inoltre la mancata evidenza di questo eccesso tra le donne potrebbe far pensare ad esposizioni ad altri fattori di rischio, in particolare il fumo di tabacco, che nella popolazione in studio potrebbe presentare ancora notevoli differenze nell'esposizione tra i due generi.

Un discorso a parte è quello relativo ai tumori della pleura, per i quali si osserva un eccesso di rischio di ricovero statisticamente significativo nelle donne che vivono nell'area maggiormente esposte (ad alta+media esposizione), e per cui si rileva un eccesso di mortalità statisticamente significativo solo tra gli uomini, e non tra le donne, che risiedono nell'area a più alta esposizione. Va ricordato che il tumore della pleura, in particolare il mesotelioma pleurico, ha un'associazione di tipo causale specifica con l'esposizione a fibre di amianto e non sono riportate in letteratura associazioni con

emissioni da impianti di incenerimento. Inoltre non si rileva la presenza di eccessi significativi in entrambi in generi, e per quanto riguarda la mortalità negli uomini è al limite della attendibilità (solo 3 casi nell'area a più alta esposizione).

Per quanto concerne la salute neonatale per la quale esistono studi che evidenziano dei rischi relativi a basso peso alla nascita e parti prematuri, (Tango et al 2004, Vinceti M et al 2008, Cordier 2010, Candela et al 2013), non si osservano differenze tra le aree di esposizione considerate. Il periodo di osservazione per il quale sono disponibili le schede Cedap, è forse troppo breve per poter apprezzare delle differenze, ma valutando gli *outcome* provenienti dagli altri flussi informativi (mortalità e ricoveri), per condizioni morbose perinatali e malformazioni congenite, non si evidenziano eccessi nelle aree a maggiore esposizione, mentre sembra che nelle aree a maggiore esposizione sia minore il rischio di complicanze della gravidanza e del parto.

#### **Limiti dello studio.**

Un limite intrinseco dello studio riguarda la caratterizzazione dell'esposizione, come nella maggior parte degli studi di epidemiologia ambientale. Le stime di dispersione sono state costruite sulla base di dati di emissione a camino (polveri totali per il PM10) relativi ad un solo anno, che, per cautela, corrisponde a un anno ad alta emissione, precedente al riammodernamento dell'impianto, così come sulla base di un solo anno per le condizioni meteorologiche dell'area in studio. I criteri che hanno portato a tale scelta sono stati di natura statistica (si tratta di un anno medio tra quelli considerati, a metà del periodo di studio) e di natura empirica (è l'anno per cui tutti i dati di emissione e meteorologici erano presenti), e riteniamo che non vi siano state sostanziali distorsioni delle stime di ricaduta delle emissioni, in quanto le caratteristiche idrogeologiche sono in genere relativamente stabili, in una certa area, e le emissioni dell'impianto misurate nell'intero periodo semmai sarebbero inferiori a quelle stimate utilizzando un anno "ad elevata emissione", come detto. Rispetto all'attribuzione dei livelli di esposizione differenti, si ritiene che il modello di dispersione utilizzato non sia influenzato dai valori assoluti del PM10, in quanto si ritiene che il PM10 si disperda nell'aria in base al suo peso specifico e non al valore assoluto di concentrazione, perciò le aree di esposizione dovrebbe essere ragionevolmente le stesse di periodi storici caratterizzati da emissioni a camino decisamente superiori.

Non è stato possibile inserire nel modello di esposizione altre sorgenti puntuali che insistono nell'area in studio per la mancanza di dati.

Altri limiti sono comuni a molti studi di epidemiologia ambientale, quali l'uso della residenza come *proxy* dell'esposizione individuale e la mancanza di informazioni individuali sulle condizioni socioeconomiche, sull'esposizione professionale e sugli stili di vita, quali l'abitudine al fumo,

consumo di alcol, attività fisica e dieta, quali potenziali fattori di confondimento. Si è tuttavia tentato di limitare questo gap inserendo un aggiustamento per deprivazione socioeconomica da sezioni di censimento, che costituisce un'altra procedura comunemente impiegata negli studi di epidemiologia ambientale.

### **Punti di forza dello studio**

Per quanto concerne la caratterizzazione dell'esposizione, la maggior parte degli studi pubblicati su questo tema segue un approccio di tipo ecologico, con disponibilità di dati solo a livello di comunità e non individuali, che comporta una maggiore imprecisione nella stima dell'esposizione (misclassificazione di esposti e non esposti). In Italia sono già stati realizzati alcuni studi (Ranzi, et al 2011, Golini et al 2014, Minichilli et al 2013) che utilizzano invece un approccio di studio di coorte con ricostruzione della storia residenziale su dati individuali, come il nostro. Il fatto di poter studiare una coorte dinamica di oltre 100.576 residenti (circa 1 milione di anni-persona) seguita con un approccio che tiene conto della storia residenziale dei soggetti e che considera anche gli spostamenti intra-area (grazie alla storicizzazione delle anagrafi e alla georeferenziazione dei soggetti) è un punto di forza in quanto permette di poter avere un valore di esposizione stimato dal modello di dispersione per ogni soggetto presente nell'area in studio.

Il fatto di aver effettuato le analisi controllando per l'indice di deprivazione delle sezioni di censimento dovrebbe ridurre in parte, sia pure in modo indiretto, il rischio di confondimento, dovuto a fattori di rischio non misurati (tra cui si citano fumo, sedentarietà, consumo di alcol, alimentazione) che hanno una correlazione con tale indice. È stato dimostrato in numerosi studi come questi fattori comportamentali siano associati al posizionamento socioeconomico dell'individuo (Eikemo et al, 2014). L'indice di deprivazione socioeconomica, però, spesso è associato sia all'esposizione ambientale, sia a diverse cause di mortalità e di ospedalizzazione e quindi potrebbe essere affetto da "bias" ecologico (le popolazioni confrontate possono differire per alcune caratteristiche che agiscono come fattori di confondimento; il loro effetto fa correre il rischio di identificare associazioni non esistenti in realtà) (Caranci et al, 2010; Pirastu et al, 2010).

La scelta di utilizzare il PM10 come tracciante dell'inquinamento atmosferico prodotto dall'impianto di incenerimento permette una più accurata confrontabilità dei risultati con altri studi epidemiologici realizzati su impianti di incenerimento rifiuti in Italia (Ranzi et al, 2011; Golini et al, 2014; Minichilli et al, 2016).

Un valore aggiunto di questo studio è rappresentato dall'utilizzo per le analisi di numerose fonti informative, che ha permesso di poter valutare la coerenza delle stime prodotte attraverso il modello statistico usato, e di valutare le concordanze dei risultati osservati, e quindi la coerenza interna dello studio.

## **Conclusioni**

I risultati del presente studio non mostrano eccessi di rischio statisticamente significativi per la maggior parte delle cause indagate e identificate a priori. Sono stati rilevati solo alcuni eccessi per alcune malattie la cui plausibilità di associazione eziologica con l'inquinamento derivante dall'impianto di incenerimento è limitata, come nel caso dei tumori del fegato e vie biliari, o inesistente, come nel caso dei tumori della pleura. Non si sono evidenziati effetti sulla salute per gli esiti riportati negli studi più recenti e metodologicamente più evoluti, quali linfomi non-Hodgkin, sarcomi dei tessuti molli, esiti perinatali, malattie cardiovascolari e respiratorie.

In conclusione, per quanto riguarda il quesito principale di sanità pubblica per cui è stato condotto lo studio, i risultati suggeriscono l'assenza di una relazione chiara e ben caratterizzabile tra residenza in aree a differente ricaduta di inquinanti emessi dall'impianto di incenerimento situato nel comune di Valmadrera e l'insorgenza di quasi tutte le patologie conosciute ad essi correlabili, con l'eccezione, come sopra riportato, dei tumori del fegato e vie biliari, il cui eccesso di rischio merita un approfondimento per quanto riguarda le possibili cause concomitanti, secondo quanto noto in letteratura.

## Tabelle risultati

Tabella 4. Hazard Ratio per grandi gruppi di cause di ricovero (primo ricovero), per donne e uomini residenti nelle aree ad alta o alta+media esposizione confrontate con quelle residenti nell'area a bassa esposizione. Analisi aggiustate per classi di età e indice di deprivazione (periodo 2005-2015).

		Donne				Uomini			
		n	HR°	IC95% <sup>s</sup> low	IC95% up	n	HR°	IC95% low	IC95% up
<b>Malattie infettive</b>	bassa	689				791			
	alta+media <sup>1</sup>	212	1,01	0,86	1,20	214	0,84	0,71	0,99
	alta <sup>2</sup>	31	0,86	0,60	1,25	36	0,83	0,59	1,16
<b>Tutti i tumori</b>	bassa	3683				2938			
	alta+media	1287	1,06	0,99	1,14	1003	1,01	0,94	1,10
	alta	211	1,08	0,93	1,24	163	0,98	0,84	1,15
<b>Malattie endocrine</b>	bassa	883				643			
	alta+media	281	0,94	0,81	1,10	206	0,98	0,82	1,16
	alta	57	1,23	0,93	1,61	32	0,92	0,64	1,31
<b>Malattie del sangue</b>	bassa	446				310			
	alta+media	148	1,08	0,89	1,33	91	0,89	0,69	1,16
	alta	22	0,87	0,56	1,35	17	1,01	0,61	1,65
<b>Disturbi psichici</b>	bassa	576				489			
	alta+media	240	1,19*	1,00	1,40	179	1,09	0,90	1,32
	alta	51	1,66*	1,24	2,22	35	1,23	0,85	1,76
<b>Malattie sistema nervoso</b>	bassa	2208				1794			
	alta+media	674	0,93	0,84	1,02	574	0,98	0,89	1,09
	alta	117	1,03	0,86	1,25	88	0,87	0,70	1,08
<b>Malattie apparato circolatorio</b>	bassa	4122				4471			
	alta+media	1301	0,98	0,92	1,05	1477	1,00	0,94	1,07
	alta	212	1,04	0,90	1,20	226	0,89	0,86	1,25
<b>Malattie apparato respiratorio</b>	bassa	2035				2.43			
	alta+media	688	1,05	0,96	1,16	845	1,10*	1,01	1,20
	alta	115	1,08	0,89	1,31	134	1,03	0,86	1,23
<b>Malattie apparato digerente</b>	bassa	2771				3682			
	alta+media	945	1,04	0,96	1,13	1311	1,06	0,98	1,13
	alta	161	1,09	0,93	1,29	219	1,07	0,93	1,23
<b>Malattie apparato genito-urinario</b>	bassa	2880				2098			
	alta+media	994	1,06	0,98	1,15	647	0,94	0,85	1,03
	alta	149	0,93	0,79	1,10	102	0,88	0,72	1,07
<b>Complicanze gravidanza-parto</b>	bassa	4293							
	alta+media	1358	0,85*	0,79	0,91				
	alta	221	0,80*	0,70	0,92				

<b>Malattie della pelle</b>	bassa	344				431			
	alta+media	82	0,71	0,55	0,93	125	0,87	0,70	1,08
	alta	10	0,53	0,28	1,01	18	0,72	0,45	1,15
<b>Malattie osteomuscolari-connettivo</b>	bassa	3291				2759			
	alta+media	1093	0,96	0,89	1,04	1029	1,06	0,98	1,15
	alta	190	1,09	0,94	1,27	176	1,09	0,93	1,27
<b>Malformazioni congenite</b>	bassa	421				320			
	alta+media	129	0,92	0,72	1,18	103	1,03	0,83	1,27
	alta	18	1,04	0,64	1,71	18	0,86	0,53	1,38
<b>Condizioni morbose perinatali</b>	bassa	37				56			
	alta+media	3	0,16	0,02	1,13	1	0,09	0,01	0,63
	alta	1	ND			0	ND		
<b>Malattie maldefinite</b>	bassa	1520				1478			
	alta+media	451	0,99	0,88	1,11	481	0,90	0,80	1,01
	alta	77	1,05	0,84	1,32	82	0,91	0,72	1,15
<b>Cause accidentali</b>	bassa	4784				4624			
	alta+media	1510	0,98	0,92	1,05	1463	0,95	0,89	1,01
	alta	243	1,00	0,87	1,14	248	0,98	0,86	1,12

<sup>1</sup>Area con concentrazioni di PM10 > di 15 ng/m3 confrontata con area con concentrazioni di PM10 <15 ng/m3

<sup>2</sup>Area con concentrazioni di PM10 > di 40 ng/m3 confrontata con area con concentrazioni di PM10 <15 ng/m3

<sup>°</sup>HR=Hazard Ratio, rapporto tra i rischi stimati tra le due aree a confronto

<sup>§</sup>IC 95%=Intervallo di confidenza delle stime al 95%

\*Stima statisticamente significativa

Tabella 5. Hazard Ratio per cause specifiche di ricovero (primo ricovero), per donne e uomini residenti nelle aree ad alta o alta+media esposizione confrontate con quelle residenti nell'area a bassa esposizione. Analisi aggiustate per classi di età e indice di deprivazione (periodo 2005-2015).

		Donne				Uomini			
		n	HR°	IC95% <sup>s</sup> low	IC95% up	n	HR°	IC95% low	IC95% up
<b>Tumori maligni</b>	bassa	2188				2449			
	alta+media <sup>1</sup>	767	1,07	0,98	1,18	699	1,00	0,92	1,09
	Alta <sup>2</sup>	131	1,15	0,96	1,38	15	0,97	0,81	1,15
<b>Tumori esofago</b>	bassa	11				23			
	alta+media	3	0,64	0,14	2,99	5	0,59	0,20	1,74
	alta	1	1,55	0,20	12,26	1	0,75	0,10	5,63
<b>Tumori stomaco</b>	bassa	71				104			
	alta+media	21	0,79	0,44	1,42	40	1,23	0,83	1,83
	alta	6	1,71	0,73	4,01	6	1,11	0,48	2,55
<b>Tumori colon-retto</b>	bassa	253				245			
	alta+media	66	0,85	0,63	1,14	86	1,08	0,82	1,41
	alta	10	0,80	0,42	1,52	14	0,98	0,57	1,69
<b>Tumori fegato-dotti biliari</b>	bassa	72				125			
	alta+media	39	1,57*	1,01	2,44	67	1,54*	1,10	2,14
	alta	10	2,67*	1,36	5,27	14	2,13*	1,21	3,75
<b>Tumori pancreas</b>	bassa	72	61			62			
	alta+media	39	20	0,57	1,76	19	0,86	0,49	1,50
	alta	10	16	0,42	3,24	3	0,89	0,28	2,88
<b>Tumori laringe</b>	bassa	8				45			
	alta+media	0	ND			11	0,84	0,43	1,64
	alta	0	ND			0	ND		
<b>Tumori trachea-bronchi-polmoni</b>	bassa	135				300			
	alta+media	39	0,89	0,60	1,32	112	1,12	0,88	1,42
	alta	34	0,60	0,22	1,62	18	1,11	0,68	1,79
<b>Tumori pleura</b>	bassa	12				26			
	alta+media	9	2,59*	1,06	6,32	12	1,21	0,56	2,63
	alta	0	ND			3	2,24	0,66	7,60
<b>Tumori connettivo-tessuti molli</b>	bassa	14				15			
	alta+media	4	1,27	0,40	4,02	6	0,87	0,28	2,66
	alta	0	ND			2	2,84	0,63	12,88
<b>Melanoma</b>	bassa	34				36			
	alta+media	10	0,93	0,44	1,97	11	0,88	0,42	1,85
	alta	1	0,58	0,08	4,29	2	1,13	0,27	4,78
<b>Tumori mammella</b>	bassa	612				0			
	alta+media	239	1,16	0,99	1,37	0	ND		
	alta	40	1,21	0,87	1,67	0	ND		

<b>Tumori utero</b>	bassa	102				0			
	alta+media	28	0,86	0,55	1,36	0	ND		
	alta	4	0,80	0,29	2,18	0	ND		
<b>Tumori ovaio</b>	bassa	77				0			
	alta+media	30	1,13	0,70	1,82	0	ND		
	alta	6	1,51	0,65	3,51	0	ND		
<b>Tumori prostata</b>	bassa	0				422			
	alta+media	0	ND			157	1,02	0,83	1,25
	alta	0	ND			30	1,17	0,80	1,70
<b>Tumori vescica</b>	bassa	78				312			
	alta+media	25	1,07	0,66	1,74	84	0,83	0,64	1,08
	alta	3	0,93	0,29	2,98	11	0,64	0,35	1,18
<b>Tumori rene-pelvi-uretere</b>	bassa	65				121			
	alta+media	28	1,42	0,87	2,31	32	0,85	0,56	1,30
	alta	5	1,54	0,61	3,89	4	0,59	0,22	1,61
<b>Encefalo e altri tumori del SNC</b>	bassa	72				72			
	alta+media	36	1,68*	1,10	2,56	20	0,86	0,51	1,45
	alta	3	0,90	0,28	2,90	2	0,46	0,11	1,90
<b>Tumori tiroide</b>	bassa	56				23			
	alta+media	17	0,89	0,48	1,65	9	1,11	0,49	2,54
	alta	4	1,47	0,52	4,14	1	0,89	0,12	6,78
<b>Linfomi Non-Hodgkin</b>	bassa	76				112			
	alta+media	21	0,85	0,50	1,43	34	0,89	0,58	1,35
	alta	3	0,78	0,24	2,50	4	0,48	0,15	1,52
<b>Mieloma Multiplo e tumori immuno-proliferativi</b>	bassa	22				30			
	alta+media	11	1,61	0,72	3,59	7	0,57	0,22	1,48
	alta	2	1,78	0,41	7,82	2	1,53	0,36	6,59
<b>Leucemie</b>	bassa	47				43			
	alta+media	11	0,88	0,44	1,77	13	0,91	0,47	1,79
	alta	1	0,41	0,06	2,97	2	0,90	0,21	3,77
<b>Diabete mellito</b>	bassa	270				272			
	alta+media	100	1,11	0,86	1,43	101	1,09	0,85	1,40
	alta	20	1,37	0,86	2,20	16	1,08	0,65	1,80
<b>Morbo di Parkinson</b>	bassa	61				65			
	alta+media	18	0,94	0,53	1,65	13	0,69	0,37	1,29
	alta	2	0,57	0,14	2,34	1	0,25	0,04	1,84
<b>Malattie cardiache</b>	bassa	2369				2848			
	alta+media	713	0,94	0,86	1,03	907	0,96	0,88	1,04
	alta	588	1,12	0,93	1,34	144	0,90	0,76	1,07
<b>Malattie ischemiche del cuore</b>	bassa	794				892			
	alta+media	244	0,96	0,82	1,13	238	0,90	0,77	1,05
	alta	47	1,21	0,90	1,63	32	0,68	0,48	0,98

<b>Infarto acuto del miocardio</b>	bassa	317				463			
	alta+media	82	0,80	0,61	1,05	153	0,94	0,77	1,15
	alta	16	1,07	0,65	1,78	27	1,02	0,69	1,52
<b>Malattie cerebro-vascolari</b>	bassa	1211				1012			
	alta+media	352	0,96	0,84	1,09	335	1,03	0,90	1,18
	alta	50	0,85	0,64	1,14	50	0,90	0,67	1,20
<b>BPCO</b>	bassa	262				319			
	alta+media	83	1,02	0,78	1,34	135	1,30*	1,05	1,63
	alta	12	0,91	0,50	1,62	21	1,22	0,78	1,91
<b>Asma</b>	bassa	84				49			
	alta+media	40	1,41	0,93	2,13	26	1,83*	1,09	3,06
	alta	6	1,37	0,59	3,18	4	1,35	0,48	3,80
<b>Maldefinite</b>	bassa	1478				1520			
	alta+media	481	0,99	0,88	1,11	381	0,90	0,80	1,01
	alta	82	1,05	0,84	1,32	7	0,91	0,72	1,15
<b>Endometriosi</b>	bassa	137				0			
	alta+media	39	0,82	0,55	1,21	0	ND		
	alta	7	0,89	0,41	1,91	0	ND		

<sup>1</sup>Area con concentrazioni di PM10 > di 15 ng/m3 confrontata con area con concentrazioni di PM10 <15 ng/m3

<sup>2</sup>Area con concentrazioni di PM10 > di 40 ng/m3 confrontata con area con concentrazioni di PM10 <15 ng/m3

<sup>°</sup>HR=Hazard Ratio, rapporto tra i rischi stimati tra le due aree a confronto

<sup>§</sup>IC 95%=Intervallo di confidenza delle stime al 95%

\*Stima statisticamente significativa

Tabella 6. Hazard Ratio per la mortalità per grandi gruppi di cause, per donne e uomini residenti nelle aree ad Alta o Alta+Media [PM10] confrontate con quelle residenti nell'Area a Bassa [PM10]. Analisi aggiustate per classi di età e indice di deprivazione (periodo 2004-2015).

		Donne				Uomini			
		n	HR	IC95%° low	IC95% up	n	HR	IC95%° low	IC95% up
<b>Tutte le cause (escluse accidentali)</b>	Bassa	4038	1			3364	1		
	alta+media <sup>1</sup>	1106	1,06	0,99	1,13	874	0,96	0,89	1,04
	Alta <sup>2</sup>	182	0,96	0,83	1,11	175	0,97	0,84	1,33
<b>Malattie infettive</b>	bassa	76	1			72	1		
	alta+media	22	0,95	0,56	1,60	26	1,35	0,83	2,20
	alta	4	1,26	0,45	3,47	4	1,23	0,44	3,91
<b>Tutti i tumori</b>	bassa	1152				1335			
	alta+media	392	1,09	0,97	1,24	424	0,98	0,87	1,10
	alta	60	1,05	0,80	1,36	69	0,98	0,76	1,25
<b>Malattie endocrine</b>	bassa	15				26			
	alta+media	3	0,64	0,24	1,69	5	0,89	0,25	3,15
	alta	0	ND			0	ND		
<b>Malattie del sangue</b>	bassa	158				100			
	alta+media	41	0,87	0,60	1,27	34	0,89	0,56	1,39
	alta	6	0,75	0,33	1,71	8	1,43	0,69	2,98
<b>Disturbi psichici</b>	bassa	187				81			
	alta+media	60	1,04	0,76	1,43	16	0,79	0,46	1,36
	alta	5	0,46	0,17	1,25	0	ND		
<b>Malattie sistema nervoso</b>	bassa	145				105			
	alta+media	48	1,08	0,76	1,53	43	1,14	0,77	1,69
	alta	5	0,78	0,32	1,91	7	1,20	0,55	2,60
<b>Malattie apparato circolatorio</b>	bassa	1660				1149			
	alta+media	505	1,03	0,93	1,15	362	0,98	0,86	1,12
	alta	71	0,94	0,74	1,20	63	1,01	0,77	1,31
<b>Malattie apparato respiratorio</b>	bassa	254				265			
	alta+media	92	1,26	0,97	1,64	90	1,07	0,82	1,40
	alta	14	1,16	0,66	2,05	16	1,21	0,71	2,04
<b>Malattie apparato digerente</b>	bassa	145				131			
	alta+media	60	1,33	0,95	1,86	24	0,57*	0,36	0,92
	alta	11	1,54	0,83	2,87	4	0,55	0,20	1,48
<b>Malattie apparato genito-urinario</b>	bassa	80				56			
	alta+media	22	0,83	0,49	1,41	16	1,01	0,54	1,87
	alta	2	0,54	0,13	2,22	2	0,69	0,17	2,86
<b>Complicanze gravidanza-parto</b>	bassa	0				0			
	alta+media	0	ND			0	ND		
	alta	0	ND			0	ND		

<b>Malattie della pelle</b>	bassa	19				2			
	alta+media	2	0,51	0,12	2,21	1	1,92	0,17	21,72
	alta	0	ND			0	ND		
<b>Malattie osteomuscolari-connettivo</b>	bassa	44				14			
	alta+media	14	1,11	0,58	2,13	1	0,31	0,04	2,37
	alta	2	1,11	0,27	4,67	0	ND		
<b>Malformazioni congenite</b>	bassa	4				3			
	alta+media	2	1,02	0,11	9,39	4	2,82	0,56	14,23
	alta	1	4,51	0,45	45,17	1	4,63	0,47	45,04
<b>Condizioni morbose perinatali</b>	bassa	0				0			
	alta+media	0	ND			0	ND		
	alta	0	ND			0	ND		
<b>Malattie maldefinite</b>	bassa	85				33			
	alta+media	22	0,95	0,58	1,57	5	0,52	0,18	1,47
	alta	1	0,32	0,04	2,34	1	0,62	0,08	4,57
<b>Cause accidentali</b>	bassa	23				50			
	alta+media	3	0,48	0,14	1,63	14	0,81	0,43	1,54
	alta	0	ND			2	0,74	0,18	3,08

<sup>1</sup>Area con concentrazioni di PM10 > di 15 ng/m<sup>3</sup> confrontata con area con concentrazioni di PM10 <15 ng/m<sup>3</sup>

<sup>2</sup>Area con concentrazioni di PM10 > di 40 ng/m<sup>3</sup> confrontata con area con concentrazioni di PM10 <15 ng/m<sup>3</sup>

<sup>3</sup>HR=Hazard Ratio, rapporto tra i rischi stimati tra le due aree a confronto

<sup>4</sup>IC 95%=Intervallo di confidenza delle stime al 95%

\*Stima statisticamente significativa

Tabella 7. Hazard Ratio per la mortalità per cause specifiche, per donne e uomini residenti nelle aree ad Alta o Alta+Media [PM10] confrontate con quelle residenti nell'area a Bassa [PM10]. Analisi aggiustate per classi di età e indice di deprivazione (periodo 2004-2015).

		Donne				Uomini			
		n	HR	IC95%° low	IC95% up	n	HR	IC95%° low	IC95% up
<b>Tumori maligni</b>	bassa	1106				1274			
	alta+media <sup>1</sup>	373	1,08	0,95	1,23	400	0,96	0,85	1,08
	Alta <sup>2</sup>	58	1,05	0,81	1,38	64	0,94	0,73	1,21
<b>Malattie cardiache</b>	bassa	800				624			
	alta+media	255	1,06	0,91	1,23	171	0,94	0,79	1,13
	alta	34	0,92	0,65	1,32	32	0,96	0,66	1,39
<b>Tumori esofago</b>	bassa	11				24			
	alta+media	5	1,08	0,30	3,98	4	0,43	0,13	1,47
	alta	2	2,85	0,62	13,19	1	0,68	0,09	5,11
<b>Tumori stomaco</b>	bassa	55				90			
	alta+media	22	1,28	0,74	2,22	36	1,29	0,84	1,98
	alta	4	1,42	0,51	3,98	7	1,43	0,66	3,13
<b>Tumori colon-retto</b>	bassa	126				123			
	alta+media	36	1,03	0,69	1,53	32	0,86	0,57	1,32
	alta	4	0,68	0,25	1,84	4	0,56	0,21	1,52
<b>Tumori fegato-dotti biliari</b>	bassa	79				117			
	alta+media	41	1,63*	1,07	2,48	52	1,29	0,90	1,86
	alta	9	2,25*	1,11	4,55	10	1,66	0,86	3,21
<b>Tumori pancreas</b>	bassa	83				67			
	alta+media	26	1,12	0,70	1,79	28	1,09	0,67	1,78
	alta	3	0,75	0,23	2,39	6	1,58	0,68	3,68
<b>Tumori laringe</b>	bassa	2				20			
	alta+media	0	ND			4	1,00	0,33	2,99
	alta	0	ND			0	ND		
<b>Tumori trachea-bronchi-polmoni</b>	bassa	144				332			
	alta+media	43	0,88	0,60	1,30	112	1,07	0,85	1,34
	alta	8	1,14	0,55	2,34	15	0,87	0,52	1,47
<b>Tumori pleura</b>	bassa	10				17			
	alta+media	5	1,64	0,55	4,95	11	1,72	0,73	4,06
	alta	0	ND			3	3,57*	1,01	12,62
<b>Tumori connettivo-tessuti molli</b>	bassa	0				0			
	alta+media	0	ND			0	ND		
	alta	0	ND			0	ND		
<b>Melanoma</b>	bassa	16				24			
	alta+media	5	1,17	0,42	3,25	2	0,27	0,06	1,17
	alta	0	ND			0	ND		

<b>Tumori mammella</b>	bassa	170				0			
	alta+media	55	0,97	0,70	1,35	0	ND		
	alta	7	0,83	0,39	1,78	0	ND		
<b>Tumori utero</b>	bassa	7				0			
	alta+media	1	0,42	0,05	3,49	0	ND		
	alta	0	ND			0	ND		
<b>Tumori ovaio</b>	bassa	50				0			
	alta+media	23	1,32	0,76	2,27	0	ND		
	alta	3	1,15	0,35	3,73	0	ND		
<b>Tumori prostata</b>	bassa	0				94			
	alta+media	0	ND			37	1,07	0,71	1,63
	alta	0	ND			7	1,34	0,62	2,90
<b>Tumori vescica</b>	bassa	20				60			
	alta+media	5	1,00	0,37	2,73	17	0,87	0,48	1,58
	alta	0	ND			2	0,72	0,17	2,98
<b>Tumori rene-pelvi-uretere</b>	bassa	18				38			
	alta+media	6	1,02	0,37	2,81	8	0,67	0,30	1,52
	alta	1	1,13	0,15	8,61	1	0,54	0,07	3,99
<b>Encefalo e altri tumori del SNC</b>	bassa	36				29			
	alta+media	10	1,05	0,51	2,14	12	1,28	0,61	2,68
	alta	0	ND			2	1,13	0,27	4,82
<b>Tumori tiroide</b>	bassa	6				1			
	alta+media	2	0,58	0,07	4,92	2	6,02	0,53	67,99
	alta	1	3,30	0,38	28,78	0	ND		
<b>Linfomi Non-Hodgkin</b>	bassa	35				42			
	alta+media	10	0,79	0,36	1,74	13	1,06	0,54	2,10
	alta	2	1,21	0,29	5,09	2	1,04	0,25	4,37
<b>Mieloma Multiplo e tumori immuno-proliferativi</b>	bassa	20				23			
	alta+media	4	0,57	0,17	1,96	2	0,35	0,08	1,52
	alta	1	0,90	0,12	6,85	0	ND		
<b>Leucemie</b>	bassa	43				44			
	alta+media	11	0,87	0,42	1,82	7	0,53	0,22	1,26
	alta	2	0,79	0,19	3,31	1	0,37	0,05	2,73
<b>Diabete mellito</b>	bassa	118				82			
	alta+media	32	0,89	0,58	1,37	29	0,96	0,59	1,57
	alta	4	0,66	0,24	1,79	6	1,35	0,58	3,14
<b>Morbo di Parkinson</b>	bassa	23				26			
	alta+media	8	1,35	0,60	3,08	6	0,77	0,31	1,89
	alta	0	ND			0	ND		
<b>Infarto acuto del miocardio</b>	bassa	197				227			
	alta+media	71	1,10	0,81	1,47	88	1,13	0,86	1,49
	alta	10	1,17	0,61	2,22	16	1,18	0,69	2,04

<b>Malattie cerebro-vascolari</b>	bassa	453				260			
	alta+media	122	0,95	0,76	1,17	75	0,99	0,75	1,31
	alta	16	0,77	0,46	1,29	11	0,79	0,42	1,50
<b>Malattie respiratorie di origine batterica o virale</b>	bassa	91				70			
	alta+media	35	1,58*	1,04	2,39	25	1,20	0,72	2,00
	alta	3	0,77	0,24	2,47	4	1,23	0,44	3,42
<b>BPCO</b>	bassa	104				134			
	alta+media	33	0,95	0,61	1,48	40	0,99	0,67	1,46
	alta	7	1,30	0,57	3,00	6	0,98	0,43	2,24
<b>Asma</b>	bassa	3				2			
	alta+media	1	1,3	0,13	12,75	0	ND		
	alta	0				0	ND		
<b>Maldefinite</b>	bassa	85				33			
	alta+media	22	0,62	0,08	4,57	4	0,52	0,18	1,47
	alta	1	0,32	0,04	2,34	1	0,95	0,58	1,57
<b>Endometriosi</b>	bassa	0				0			
	alta+media	0	ND			0	ND		
	alta	0	ND			0	ND		

<sup>1</sup>Area con concentrazioni di PM10 > di 15 ng/m<sup>3</sup> confrontata con area con concentrazioni di PM10 <15 ng/m<sup>3</sup>

<sup>2</sup>Area con concentrazioni di PM10 > di 40 ng/m<sup>3</sup> confrontata con area con concentrazioni di PM10 <15 ng/m<sup>3</sup>

<sup>°</sup>HR=Hazard Ratio, rapporto tra i rischi stimati tra le due aree a confronto

<sup>§</sup>IC 95%=Intervallo di confidenza delle stime al 95%

\*Stima statisticamente significativa

Tabella 8. Hazard Ratio per incidenza di tumori (Registro Tumori), per donne e uomini residenti nelle aree ad Alta o Alta+Media [PM10] confrontate con quelle residenti nell'Area a Bassa [PM10]. Analisi aggiustate per classi di età e indice di deprivazione (periodo 2003-2010). .

		Donne				Uomini			
		n	HR	IC95% low	IC95% up	n	HR	IC95% low	IC95% up
<b>Tumori maligni</b>	bassa	1661				1845			
	alta+media <sup>1</sup>	447	0,99	0,89	1,10	505	0,99	0,90	1,10
	Alta <sup>2</sup>	87	1,01	0,81	1,26	94	0,96	0,78	1,18
<b>Tumori esofago</b>	bassa	6				16			
	alta+media	2	0,65	0,08	5,48	4	0,57	0,16	2,01
	alta	1	2,33	0,27	19,82	1	1,02	0,13	7,82
<b>Tumori stomaco</b>	bassa	60				90			
	alta+media	13	0,60	0,30	1,23	27	0,98	0,61	1,57
	alta	3	0,97	0,30	3,14	4	0,87	0,32	2,39
<b>Tumori colon-retto</b>	bassa	195				184			
	alta+media	47	0,74	0,52	1,05	64	1,00	0,73	1,38
	alta	8	0,86	0,42	1,77	11	1,07	0,58	1,99
<b>Tumori fegato-dotti biliari</b>	bassa	58				94			
	alta+media	30	1,75*	1,07	2,88	48	1,47*	1,00	2,17
	alta	7	2,57*	1,15	5,79	9	2,22*	1,10	4,84
<b>Tumori pancreas</b>	bassa	41				45			
	alta+media	9	0,70	0,32	1,50	15	0,92	0,47	1,79
	alta	1	0,50	0,07	3,70	4	1,82	0,64	5,16
<b>Tumori laringe</b>	bassa	0	ND			28			
	alta+media	0	ND			7	0,99	0,43	2,29
	alta	0	ND			0	ND		
<b>Tumori trachea-bronchi-polmoni</b>	bassa	100				239			
	alta+media	34	0,98	0,63	1,53	76	1,03	0,78	1,37
	alta	7	1,13	0,49	2,61	12	1,05	0,58	1,88
<b>Tumori pleura</b>	bassa	8				5			
	alta+media	4	1,97	0,57	6,88	3	1,35	0,25	7,15
	alta	0	ND			1	5,25	0,54	51,28
<b>Tumori connettivo-tessuti molli</b>	bassa	7				18			
	alta+media	2	0,89	0,18	4,44	5	0,79	0,26	2,39
	alta	0	ND			1	0,92	0,12	7,01
<b>Melanoma</b>	bassa	47				43			
	alta+media	14	0,86	0,45	1,63	9	0,52	0,23	1,16
	alta	2	0,72	0,17	3,02	1	0,41	0,06	3,04
<b>Tumori mammella</b>	bassa	419				0	ND		
	alta+media	147	1,08	0,88	1,33	0	ND		
	alta	17	1,04	0,61	1,78	0	ND		

<b>Tumori utero</b>	bassa	64				0	ND		
	alta+media	23	1,04	0,61	1,78	0	ND		
	alta	5	1,50	0,59	3,77	0	ND		
<b>Tumori ovaio</b>	bassa	49				0	ND		
	alta+media	25	1,64	0,96	2,80	0	ND		
	alta	3	1,10	0,34	3,57	0	ND		
<b>Tumori prostata</b>	bassa	0	ND			335			
	alta+media	0	ND			119	1,09	0,86	1,37
	alta	0	ND			20	1,05	0,66	1,65
<b>Tumori vescica</b>	bassa	43				171			
	alta+media	17	1,26	0,68	2,33	46	0,79	0,55	1,14
	alta	3	1,65	0,50	5,49	9	0,94	0,48	1,85
<b>Tumori rene-pelvi-uretere</b>	bassa	45				78			
	alta+media	17	1,13	0,60	2,12	20	0,71	0,41	1,23
	alta	3	1,29	0,39	4,21	3	0,72	0,23	2,30
<b>Encefalo e altri tumori del SNC</b>	bassa	20				14			
	alta+media	9	1,62	0,73	3,62	8	1,89	0,71	5,03
	alta	0	ND			2	2,52	0,55	11,55
<b>Tumori tiroide</b>	bassa	35				12			
	alta+media	12	0,96	0,45	2,01	6	1,57	0,58	4,27
	alta	3	1,71	0,51	5,68	0	ND		
<b>Linfomi Non-Hodgkin</b>	bassa	62				85			
	alta+media	24	1,22	0,74	2,03	28	1,00	0,62	1,59
	alta	3	0,91	0,28	2,94	4	0,95	0,34	2,62
<b>Mieloma Multiplo e tumori immunoproliferativi</b>	bassa	19				25			
	alta+media	9	1,32	0,54	3,24	4	0,40	0,12	1,34
	alta	2	2,00	0,45	8,87	1	0,96	0,13	7,28
<b>Leucemie</b>	bassa	32				34			
	alta+media	4	0,49	0,17	1,39	13	1,33	0,68	2,60
	alta	0	ND			1	0,48	0,07	3,56

<sup>1</sup>Area con concentrazioni di PM10 > di 15 ng/m<sup>3</sup> confrontata con area con concentrazioni di PM10 <15 ng/m<sup>3</sup>

<sup>2</sup>Area con concentrazioni di PM10 > di 40 ng/m<sup>3</sup> confrontata con area con concentrazioni di PM10 <15 ng/m<sup>3</sup>

<sup>°</sup>HR=Hazard Ratio, rapporto tra i rischi stimati tra le due aree a confronto

<sup>§</sup>IC 95%=Intervallo di confidenza delle stime al 95%

\*Stima statisticamente significativa

Tabella 9. Hazard Ratio per esiti perinatali (schede di assistenza al parto – Cedap), per i parti avvenuti nel periodo 2011-2016 tra le donne residenti nelle aree ad Alta o Alta+Media [PM10] confrontate con quelle residenti nell'Area a Bassa [PM10]. Analisi aggiustate per classi di età e indice di deprivazione.

		N	HR	IC 95% inf	IC 95% sup
<b>Proporzione parti gemellari</b>	Bassa	9 <sup>3</sup>	1		
	Media + Alta <sup>1</sup>	1 <sup>3</sup>	0,32	0,04	2,46
	Alta <sup>2</sup>	0 <sup>3</sup>	ND		
<b>Malformazioni congenite</b>	Bassa	8	1		
	Media + Alta	5	1,29	0,32	5,16
	Alta	1	1,75	0,21	14,81
<b>Nati pre-termine</b>	Bassa	26	1		
	Media + Alta	6	0,60	0,22	1,68
	Alta	1	0,68	0,09	5,08
<b>Proporzione maschi/femmine</b>	Bassa	334 <sup>4</sup>	1		
	Media + Alta	119 <sup>4</sup>	0,94	0,75	1,17
	Alta	24 <sup>4</sup>	0,87	0,59	1,28
<b>Basso Peso alla nascita</b>	Bassa	23	1		
	Media + Alta	9	1,13	0,48	2,62
	Alta	1	0,82	0,11	6,14

<sup>1</sup>Area con concentrazioni di PM10 > di 15 ng/m3 confrontata con area con concentrazioni di PM10 <15 ng/m3

<sup>2</sup>Area con concentrazioni di PM10 > di 40 ng/m3 confrontata con area con concentrazioni di PM10 <15 ng/m3

<sup>3</sup>Numero di parti gemellari

<sup>4</sup>Numero di neonati maschi

<sup>°</sup>HR=Hazard Ratio, rapporto tra i rischi stimati tra le due aree a confronto

<sup>§</sup>IC 95%=Intervallo di confidenza delle stime al 95%

\*Stima statisticamente significativa

## Bibliografia

ARPA Lombardia, [http://www.arpalombardia.it/sites/QAria/\\_layouts/15/QAria/Inquinanti.aspx](http://www.arpalombardia.it/sites/QAria/_layouts/15/QAria/Inquinanti.aspx)

Bianchi F, Minichilli F. Mortalità per linfomi non Hodgkin nel periodo 1981-2000 in 25 comuni italiani con inceneritori di rifiuti solidi urbani. *Epidemiol Prev* 2006;30(2):80-1.

Biggeri A, Catelan D. Mortalità per linfomi non Hodgkin nei comuni della Regione Toscana dove sono stati attivi inceneritori di rifiuti solidi urbani nel periodo 1970-1998. *Epidemiol Prev* 2006;30(1):14-5.

Biggeri A, Catelan D. Mortality for non-Hodgkin lymphoma and soft-tissue sarcoma in the surrounding area of an urban waste incinerator. Campi Bisenzio (Tuscany, Italy) 1981-2001. *Epidemiol Prev* 2005;29(3-4):156-9.

Candela S, Ranzi A, Bonvicini L et al. Air pollution from incinerators and reproductive outcomes: a multisite study. *Epidemiology* 2013;24(6):863-70.

Caranci N, Biggeri A, Grisotto L et al. L'indice di deprivazione italiano a livello di sezione di censimento: definizione, descrizione e associazione con la mortalità. *Epidemiol Prev* 2010;34(4):167-76.

Comba P, Ascoli V, Belli S et al. Risk of soft tissue sarcomas and residence in the neighbourhood of an incinerator of industrial wastes. *Occup Environ Med* 2003;60(9):680-3.

Cordier S, Chevrier C, Robert-Gnansia E et al. Risk of congenital anomalies in the vicinity of municipal solid waste incinerators. *Occup Environ Med*. 2004;61:8–15.

Cordier S, A. Lehebel, Amar E et al. Maternal residence near municipal waste incinerators and the risk of urinary tract birth defects. *Occup Environ Med*. 2010; 67(7): 493-499.

Cresswell PA, Scott JE, Pattenden S et al. Risk of congenital anomalies near the Byker waste combustion plant. *Journal of Public Health Medicine* 2003; 25(3): 237-242.

Dummer TJ, Dickinson HO, Parker L. Adverse pregnancy outcomes around incinerators and crematoriums in Cumbria, north west England, 1956-93. *J Epidemiol Community Health* 2003;57:456–461.

Eikemo TA, Hoffmann R, Kulik MC et al. How can inequalities in mortality be reduced? A quantitative analysis of 6 risk factors in 21 European populations. EURO-GBD-SE Consortium. *PLoS ONE* 2014; 9(11):e110952

Elliott P, Shaddick G, Kleinschmidt I et al. Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. *Br J Cancer* 1996;73:702–710

Federico M, Pirani M, Rashid I et al.. Cancer incidence in people with residential exposure to a municipal waste incinerator: an ecological study in Modena (Italy), 1991- 2005. *Waste Manag* 2010; 30(7): 1362-1370

Floret N, Mauny F, Challier B et al. Dioxin emissions from a solid waste incinerator and risk of non-Hodgkin lymphoma. *Epidemiology*. 2003;14(4):392-8.

Gardner MJ & Altman DG. Confidence intervals rather than p values: estimation rather than hypothesis testing. *British medical journal*. 1986; 292:746-750.

Golini MN, Ancona C, Badaloni C et al. Stato di salute della popolazione residente nei pressi dei termovalorizzatori del Lazio: uno studio di coorte retrospettivo con approccio pre-post, EP anno 38; Rassegne e Articoli (5) settembre-ottobre 2014.

Gouveia N, Prado RR. Spatial analysis of the health risks associated with solid waste incineration: a preliminary analysis. Rev Bras Epidemiol. 2010 Mar;13(1):3-10.

Indagine Multiscopo sulle famiglie: aspetti della vita quotidiana, ISTAT 2016.

Lee JT, Shy CM. Respiratory function as measured by peak expiratory flow rate and PM10: six communities study. J Expo Anal Environ Epidemiol 1999;9:293–299.

Lin C-M, Lin C-Y, 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

Lloyd OL, Lloyd MM, Williams FL et al. Twinning in human populations and in cattle exposed to air pollution from incinerators. Br J Ind Med 1988;45:556–560.

Minichilli F, Santoro M, Linzalone N et al. Studio epidemiologico di coorte residenziale su mortalità e ricoveri ospedalieri nell'area intorno all'inceneritore di San Zeno, Arezzo, EP anno 40 (1) gennaio-febbraio 2016.

Monitor: risultati del progetto: [http://www.arpa.emr.it/pubblicazioni/monitor/generale\\_1526.asp](http://www.arpa.emr.it/pubblicazioni/monitor/generale_1526.asp)

Pirastu R, Comba P, Conti S et al. SENTIERI - Studio epidemiologico nazionale dei territori e degli insediamenti esposti a rischio da inquinamento: mortalità, incidenza oncologica e ricoveri ospedalieri. Epidemiol Prev 2014; 38 (2) Suppl. 1: 1-170

Pirastu R, Ancona C, Iavarone I et al. SENTIERI Project. Mortality study of residents in Italian polluted sites: evaluation of the epidemiological evidence. Epidemiol Prev 2010;34(5-6) Suppl 3:1-2.

Porta D, Milani S, Lazzarino A et al. 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 et al. 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. doi: 10.1186/1476-069X-10-22.

Rothman JK. Epidemiology: an introduction. Oxford University Press Inc 2002

Shy CM, Degnan D, Fox DL et al. Do waste incinerators induce adverse respiratory effects? An air quality and epidemiological study of six communities. Environ Health Perspect 1995;103:714–724.

SPOTT Sorveglianza sulla salute della Popolazione nei pressi del Termovalorizzatore di Torino 2013-2022 - [https://www.dors.it/spott\\_home.php](https://www.dors.it/spott_home.php)

Tango T, Fujita T, Tanihata T et al. Risk of adverse reproductive outcomes associated with proximity to municipal solid waste incinerators with high dioxin emission levels in Japan. J Epidemiol 2004;14:83–93.

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.

Viel JF, Arveux P, Baverel J et al. 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(1): 13-9.

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.

Vinceti, M., C. Malagoli, et al. "Adverse pregnancy outcomes in a population exposed to the emissions of a municipal waste incinerator." *Science of the Total Environment* 2008; 407(1): 116-121.

WHO Meeting Report 2015 "Waste and human health: Evidence and Needs". [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0003/317226/Waste-human-health-Evidence-needs-mtg-report.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/317226/Waste-human-health-Evidence-needs-mtg-report.pdf?ua=1)

Williams FL, Lawson AB, Lloyd OL. Low sex ratios of births in areas at risk from air pollution from incinerators, as shown by geographical analysis and 3- dimensional mapping. *Int J Epidemiol* 1992;21:311–319.

Zambon P, Ricci P, Bovo E et al. Sarcoma risk and dioxin emissions from incinerators and industrial plants: a population-based case-control study (Italy). *Environ Health* 2007; 6:19.