

## VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA

riguardante i RESIDENTI nelle AREE CIRCOSTANTI  
l'impianto di TRATTAMENTO dei RIFIUTI SOLIDI URBANI del

# BOSIVALLI



# DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

capitolo 5

5.1. Discussione

5.2. Conclusioni

Bibliografia



---

## 5. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

### 5.1. DISCUSSIONE

In relazione agli obiettivi prefissati, il presente studio ha cercato, procedendo per successivi gradi di approfondimento, di descrivere la distribuzione di alcuni eventi sanitari nella popolazione residente nei comuni interessati alle emissioni e nelle immediate vicinanze di un impianto di trattamento di rifiuti solidi urbani. E' stato poi valutato il rischio di comparsa degli eventi stessi per i residenti nelle aree a maggior ricaduta degli inquinanti emessi dall'impianto di incenerimento.

A tal fine sono stati indagati gli eventi sanitari (mortalità e morbosità) le cui cause sono state collegate in letteratura scientifica, pur con diversa evidenza e forza di associazione, all'esposizione ai contaminanti ambientali emessi dagli impianti di trattamento dei rifiuti solidi urbani. Sono stati utilizzati quali indicatori di morbosità i ricoveri ospedalieri. In particolare sono stati individuati i primi ricoveri nel periodo in studio, per lo stesso paziente e la stessa causa, al fine di indagare le patologie tumorali e croniche, mentre sono stati selezionati tutti i ricoveri nel periodo, dello stesso paziente, per indagare le patologie acute o quegli eventi ripetuti che potevano manifestarsi nuovamente dopo una precedente guarigione (es. infarto del miocardio).

Come citato nella parte introduttiva, anche recentemente sono stati pubblicati molti studi e revisioni della letteratura sugli impatti sanitari di impianti di incenerimento; i risultati degli stessi, tuttavia, non sempre giungono a conclusioni concordanti, evidenziando associazioni con effetti avversi sulla salute non in grado di offrire un contributo definitivo alla problematica (Health Protection Scotland, 2009).

In molti casi le stime di effetto disponibili riguardano impianti di vecchia generazione e tali risultati non possono essere utilizzati per stimare l'impatto sulla salute di impianti di nuova generazione. In generale, gli inceneritori di vecchia generazione (anni '70-'90) sono stati riconosciuti quali importanti responsabili di inquinamento ambientale e quindi di rischio per la popolazione. Gli studi sui biomarkers condotti sugli esposti in tali periodi hanno inoltre confermato l'assorbimento di sostanze inquinanti nella popolazione esposta (ARPA Piemonte, 2015b).

Dagli anni '90 gli impianti di smaltimento dei rifiuti (in particolare gli inceneritori) hanno subito importanti modifiche tecnologiche che ne hanno migliorato le rese energetiche e ne hanno abbattuto le emissioni.

Questo studio ha previsto una fase di analisi della situazione generale con la descrizione della distribuzione degli eventi sanitari nella popolazione dei 5 comuni interessati alle ricadute dell'impianto di incenerimento nei periodi 2006-2011 per le cause di morte e 2006-2012 per le dimissioni ospedaliere.

Come riportato nella sezione "Materiali e metodi" (*capitolo 2*), l'indisponibilità degli specifici archivi di dati sanitari ha impedito di indagare gli eventi sanitari riferiti agli esiti riproduttivi (natalità pre-termine, basso peso alla nascita, gemellarità, ecc.) che frequentemente in letteratura sono stati

associati all'esposizione alle ricadute degli inceneritori. Per lo stesso motivo, non disponendo dello specifico sistema di registrazione, non sono state sufficientemente analizzate le malformazioni congenite.

Nella **prima fase dello studio** (descrittiva a livello comunale) la popolazione di riferimento è stata la popolazione residente negli stessi periodi in esame in tutto il territorio regionale. Nei 5 comuni interessati allo studio si sono rilevati, in particolare, eccessi di mortalità per le malattie dell'apparato circolatorio a carico delle femmine a Urbisaglia e dei due generi complessivamente a Macerata e, per le dimissioni ospedaliere riferite ai primi ricoveri, per le malattie dell'apparato circolatorio nei maschi e per nefropatie nelle femmine a Tolentino.

Per quanto riguarda tutti i ricoveri, si sono evidenziati eccessi nella totalità dei comuni indagati per le malattie ischemiche del cuore e per aborto spontaneo nei comuni di Macerata e Corridonia. Si segnalano anche difetti statisticamente significativi per tutti i ricoveri per "tutte le cause" in tutti i comuni e per le infezioni respiratorie, polmonite ed influenza in tutti i comuni ad eccezione di Tolentino (vedi tabella 5.1. "Quadro sinottico dei principali risultati di tutti gli studi").

Nella **seconda fase dello studio** sono stati indagati gli stessi eventi sanitari all'interno di una fascia di territorio compresa nei 4 km di raggio dal centro dell'impianto di trattamento dei rifiuti (COSMARI). In questo caso si sono valutati i residenti all'interno delle diverse sezioni di censimento, confrontandoli con l'intera popolazione residente in tutto il territorio compreso nel cerchio suddetto.

Eccessi di mortalità sono stati riscontrati per "tutte le cause" e per le malattie dell'apparato circolatorio in sezioni censuarie di Pollenza; meno rilevanti, dato il numero minimo degli osservati, gli eccessi per "tutti i tumori" e per i tumori maligni della prostata a Tolentino.

Riguardo i primi ricoveri ospedalieri si sono rilevati eccessi in alcune sezioni di censimento a Pollenza per "tutte le cause", "tutti i tumori", malattie dell'apparato circolatorio e malattie ischemiche del cuore. Sempre nell'analisi dei primi ricoveri, e comunque con piccoli numeri, sono stati registrati eccessi in sezioni censuarie del comune di Corridonia per tumori maligni del colon-retto e per infezioni respiratorie acute, di Tolentino per tumori maligni della vescica, malattie dell'apparato circolatorio, malattie ischemiche del cuore e infezioni respiratorie acute. A Urbisaglia gli eccessi di primi ricoveri hanno interessato sezioni di censimento per le infezioni respiratorie acute.

Per tutti i ricoveri ospedalieri alcune sezioni di Tolentino hanno mostrato eccessi per "tutte le cause", per le malattie ischemiche del cuore e per le infezioni respiratorie acute (pochi osservati). A Pollenza gli eccessi si sono riscontrati per "tutte le cause", le malattie ischemiche del cuore e l'aborto spontaneo. Eccessi di tutti i ricoveri, inoltre, si sono riscontrati per "tutte le cause" anche in sezioni di censimento di Corridonia e di Urbisaglia; in quest'ultima sono stati osservati anche eccessi per le infezioni respiratorie acute.

In più occasioni, la bassa numerosità di casi e di popolazione residente nelle sezioni di censimento non ha consentito ai test statistici di raggiungere la potenza necessaria per riconoscere gli eccessi come "statisticamente significativi". In questi casi la tecnica della clusterizzazione, grazie alla possibilità di fornire aggregati spaziali, di forma circolare o ellittica, di sezioni censuarie, è stata in grado di evidenziare la presenza di alcuni eccessi locali di eventi sanitari. In particolare si evidenziano, nell'area dei 4 km, cluster di decessi per "tutte le cause", cluster di primi ricoveri per "tutte le cause", per "tutti i tumori" e per le malattie dell'apparato cardiocircolatorio, nonché cluster di tutti i ricoveri per "tutte le cause", per le malattie ischemiche del cuore, per le infezioni respiratorie acute e per l'aborto spontaneo.

**Tabella 5.1. QUADRO SINOTTICO DEI PRINCIPALI RISULTATI DI TUTTI GLI STUDI**

DECESSI		Tipologia di studio													
Causa	ICD-X-CM	Descrittiva su 5 comuni				Cluster analysis di 4 km			Risk analysis			Studio di coorte			
		Livello attenzione	Genere	Cluster	Comuni interessati	SMR s.s.	Cluster s.s. (n. sez)	Comuni interessati	Effetto PM <sub>10</sub> s.s.	OR (IC 95%)	p-value	Effetto PM <sub>10</sub> s.s.	Genere	HR (IC 95%)	p-value
Tutte le cause	A00-R99					si	circolare (3) ellittico (1)	Pollenza	0.015-0.075 vs 0*	1.23 (0.92-1.64)	0.1627	0.015-0.075 vs 0	M+F	1.16 (0.89-1.51)	0.2753
Tutti i tumori	C00-D48					si		Tolentino							
Tumori maligni della prostata	C61					si		Tolentino							
Malattie apparato circolatorio	I00-I99		M+F F		Macerata Urbisaglia	si		Pollenza							

\*0.015-0.025 vs 0 eccesso s.s. *In verde e corsivo i risultati non stat. significativi*

TUTTI I RICOVERI		Tipologia di studio													
Causa	ICD-IX-CM	Descrittiva su 5 comuni				Cluster analysis di 4 km			Risk analysis			Studio di coorte			
		Livello attenzione	Genere	Cluster	Comuni interessati	SMR s.s.	Cluster s.s. (n. sez)	Comuni interessati	Effetto PM <sub>10</sub> s.s.	OR (IC 95%)	p-value	Effetto PM <sub>10</sub> s.s.	Genere	HR (IC 95%)	p-value
Tutte le cause	001-799		F M M+F		tutti	si	Circolare (13) Circolare (2) Ellittico (21)	Corridonia Urbisaglia Tolentino Pollenza	0.015-0.075 vs 0	1.27 (1.10-1.48)	0.0013	0.015-0.075 vs 0	F M+F	1.16 (1.02-1.31) 1.11 (1.02-1.22)	0.024 0.0221
Malattie ischemiche del cuore	410-414		F M M+F	si	tutti	si	Ellittico (6)	Pollenza Tolentino							
Infezioni respiratorie acute, Polmonite e Influenza <sup>a</sup>	460-466				Corridonia Macerata Pollenza Urbisaglia	si	Ellittico (13)	Tolentino Urbisaglia	0.015-0.075 vs 0*	1.58 (0.93-2.67)	0.088	0.015-0.075 vs 0*	M+F	1.59 (0.93-2.73)	0.0908
Aborto spontaneo <sup>b</sup>	634		F	si	Corridonia Macerata	si	Ellittico (3)	Pollenza							

<sup>a,b</sup> Per la cluster analisi sui 4 Km intorno al COSMARI:

- Aborto spontaneo – 630, 632, 634

- Infezioni respiratorie acute, Polmonite e Influenza 460-466, 480-486

\* 0.035-0.075 vs 0 eccesso s.s. *In verde e corsivo i risultati non stat. significativi*

PRIMI RICOVERI		Tipologia di studio													
Causa	ICD-IX-CM	Descrittiva su 5 comuni				Cluster analysis di 4 km			Risk analysis			Studio di coorte			
		Livello attenzione	Genere	Cluster	Comuni interessati	SMR s.s.	Cluster s.s. (n. sez)	Comuni interessati	Effetto PM <sub>10</sub> s.s.	OR (IC 95%)	p-value	Effetto PM <sub>10</sub> s.s.	Genere	HR (IC 95%)	p-value
Tutte le cause	001-799					si	Circolare (3)	Pollenza	0.015-0.075 vs 0	1.19 (1.06-1.35)	0.0038	0.015-0.075 vs 0	M+F	1.15 (1.02-1.29)	0.0187
Tutti i tumori	140-239					si	Circolare (3)	Pollenza							
Tumori maligni del colon, del retto, della giunzione retto sigmoidea e dell'ano	153-154					si		Corridonia							
Tumori maligni della vescica	188					si		Tolentino							
Malattie apparato circolatorio	390-459		M M+F		Tolentino	si	Ellittico (15)	Pollenza Tolentino	0.015-0.075 vs 0	1.27 (1.01-1.60)	0.0387	0.015-0.075 vs 0	M+F	1.20 (0.96-1.51)	0.1176
Nefropatie croniche e acute	580-589		F		Tolentino	no									

*In verde e corsivo i risultati non stat. significativi*



Da un confronto tra i risultati delle analisi descrittive effettuate sui 5 comuni e sulle unità censuarie dell'area delimitata dal cerchio con 4 km di raggio a partire dall'impianto di incenerimento, si osservano a Pollenza, in particolare, alcuni eccessi di patologia che si ripetono nei due livelli di dettaglio dello studio. Nello specifico, si rileva una concordanza di risultato per i primi ricoveri per le malattie dell'apparato circolatorio a Tolentino e per tutti i ricoveri per le malattie ischemiche del cuore a Pollenza e Tolentino. Le indagini svolte, tuttavia, non consentono di valutare quale sia il contributo dell'eccesso evidenziato su scala sub-comunale alla costituzione del medesimo eccesso rilevato sull'intera area comunale.

Tutte le valutazioni sopra indicate hanno utilizzato un aggiustamento per i parametri socio-economici (Indice di Deprivazione) e per età (nella descrittiva sui 4 km anche per genere) al fine di minimizzare gli effetti di una eventuale diversità della struttura demografica e delle condizioni socio-economiche della popolazione residente nelle diverse aree.

Si è proceduto successivamente, sempre in "piccola area", ad approfondimenti di tipo analitico per la valutazione dei rischi della residenza in aree a maggior ricaduta degli inquinanti emessi dall'impianto di incenerimento. Per la valutazione delle pressioni ambientali sono state utilizzate in via rappresentativa, quali medie annue per le polveri sottili (PM<sub>10</sub>), le modellistiche di ricaduta prodotte dal COSMARI per la procedura di Autorizzazione Integrata Ambientale del 2010.

Gli inceneritori, come detto, emettono vari tipi di sostanze inquinanti, tra cui anche metalli pesanti e alcune sostanze organiche. Per questo genere di inquinanti, stante la difficoltà a reperire dati ben definiti dagli inventari delle emissioni, il confronto con le altre fonti emissive in atmosfera presenta difficoltà di implementazione (ARPA Piemonte, 2015a).

In particolare, molti studi sugli inceneritori hanno evidenziato il ruolo delle emissioni, specie per gli impianti di prima generazione, delle diossine (Ranzi A, 2011). Questo termine si riferisce a 210 congeneri/isomeri strutturalmente e chimicamente correlati alla dibenzo-para-dioxina policlorurata (PCDD) e ai dibenzofurani policlorurati (PCDF). La 2,3,7,8-tetra-CDD (TCDD) è considerata il congenere più tossico del gruppo, è caratterizzata da una lunga persistenza nell'ambiente e da una notevole resistenza alla biodegradazione; è inoltre riconosciuta come potente cancerogeno umano. Sulla base di una relazione redatta dall'APAT nel 2006, che ha preso in considerazione il destino ambientale e le modalità di esposizione alle diossine introducendo concetti di biodisponibilità, bioaccumulo e bioconcentrazione, risulta che l'esposizione ambientale a diossine avviene, per circa il 95%, attraverso l'alimentazione con cibo contaminato, e che solo la quota restante è dovuta all'inalazione o al contatto (APAT, 2006). In passato, l'individuazione di elevate concentrazioni di PCDD/F nei gas combusti dei processi di incenerimento dei rifiuti, ha indotto le diverse autorità nazionali ad una maggiore cautela nei riguardi delle tecnologie adottate. Ciò ha condotto all'individuazione e all'adozione di nuove soluzioni tecnologiche che progressivamente hanno ridotto l'importanza di questa sorgente, tanto che le misurazioni dei livelli di diossine prodotte dagli inceneritori di RSU più recenti hanno confermato il trend positivo di abbattimento delle concentrazioni a seguito di processi di combustione. In particolare, i dati analitici dimostrano come a partire dagli anni '70 i livelli di concentrazione siano diminuiti del 99,8% grazie proprio al fatto che gli inceneritori di nuova concezione adottano delle metodologie di incenerimento più efficienti (APAT, 2006).

Accanto alla valutazione dei potenziali effetti sulla salute ascrivibili verosimilmente alle diossine emesse dagli inceneritori, per lo più di vecchia costruzione, specie nell'ultima decade, l'attenzione dei ricercatori si è concentrata sul particolato quale indicatore di esposizione (Linzone



N, 2007). Il PM<sub>10</sub>, infatti, essendo il parametro maggiormente disponibile per fare delle stime, anche se di per se non il più rappresentativo in assoluto della pericolosità delle sostanze emesse, negli studi epidemiologici più recenti viene assunto come marker di esposizione della popolazione (Ancona C, 2015; Parmagnani F, 2014).

Diversi studi infatti appoggiano la scelta del PM<sub>10</sub> come tracciante dell'inquinamento atmosferico prodotto dagli inceneritori, e si ritiene che questo contaminante sia sufficientemente rappresentativo anche per esposizioni a miscele complesse di sostanze inquinanti prodotte dai processi di combustione, quali le particelle (PM<sub>10</sub>, ma anche frazioni di particolato più piccole), i gas, i metalli e i composti organici (Golini MN, 2014).

Il primo di questi approfondimenti analitici è stato uno studio di **risk analysis** che ha confrontato le incidenze degli eventi sanitari in studio tra i residenti nelle aree a bassa pressione ambientale (nessuna potenziale ricaduta dall'impianto di PM<sub>10</sub>) e quelli residenti in aree a più alta pressione. Sono stati valutati i rischi degli eventi sanitari mettendo a confronto le aree esposte alle ricadute di PM<sub>10</sub> dall'impianto di incenerimento (categoria di esposizione: PM<sub>10</sub> 0,015-0,075) contro le aree esenti dalle ricadute ("riferimento" = categoria di esposizione: PM<sub>10</sub> 0) ma anche le zone con gradi diversi di esposizione contro lo stesso riferimento. Al fine di permettere una maggiore affidabilità degli indici statistici si sono indagati solo gli eventi sanitari e le cause che hanno permesso di riscontrare almeno 10 osservati per covariata, per cui il numero delle indagini è risultato inferiore a quanto realizzato nella descrittiva.

Tra le patologie descritte nello studio Sentieri e nel lavoro di Porta et al. come potenzialmente associate all'esposizione ad inceneritori si è persa quindi la possibilità di indagare tra le cause di morte i tumori maligni dello stomaco, i tumori maligni del fegato e dei dotti biliari intraepatici, i tumori maligni della laringe e i linfomi non Hodgkin, e, tra i ricoveri ospedalieri, i tumori del fegato e dei dotti biliari e i linfomi non Hodgkin, poiché presentavano un numero di eventi inferiori o uguali a 5.

In alcuni confronti si sono riscontrati eccessi di rischio, che tuttavia, a causa della limitata potenza statistica, non hanno raggiunto la necessaria significatività.

Si deve evidenziare che i tassi di occorrenza degli eventi sanitari sono particolarmente diversi tra i vari studi (descrittiva sui 5 comuni, descrittiva nei 4 km e le due indagini analitiche); questo può essere spiegato dalla differente struttura delle popolazioni analizzate (si veda la descrizione degli aspetti demografici), ma anche dalle anomalie legate all'efficienza del record-linkage per l'attribuzione delle residenze nel buffer di 4 km e ai criteri di selezione nei due studi analitici.

I risultati delle indagini effettuate, riferiti ad entrambi i generi, che meritano menzione per questa fase di analisi sono l'eccesso di rischio per i decessi per "tutte le cause" che si riscontra per la categoria di esposizione "PM<sub>10</sub> 0,015-0,075 vs PM<sub>10</sub> 0", che ha fatto registrare un OR di 1,23 (IC95%: 0,92-1,64), ma che risulta statisticamente significativo solo nella categoria "PM<sub>10</sub> 0,015-0,025 vs PM<sub>10</sub> 0".

Per quanto concerne i primi ricoveri ospedalieri sono stati rilevati eccessi significativi per "tutte le cause" (OR 1,19; IC95%: 1,06-1,35) e per le malattie dell'apparato circolatorio nella categoria di esposizione "0,015-0,075 vs 0" (OR 1,27; IC95%: 1,01-1,60); nella medesima categoria di esposizione sono stati evidenziati eccessi significativi anche in tutti i ricoveri, per "tutte le cause" (OR 1,27; IC95%: 1,10-1,48). Sempre in tutti i ricoveri e nella medesima categoria di esposizione "0,015-0,075 vs 0", si è evidenziato un eccesso, privo di significatività statistica, per le infezioni respiratorie acute, polmonite ed influenza (OR 1,58; IC95%: 0,93-2,67); l'eccesso per la stessa causa è risultato invece statisticamente significativo nella categoria di esposizione "0,035-0,075 vs 0".

La risk analysis, in generale, è uno studio tipicamente di tipo ecologico, che si pone come obiettivo quello di indagare gli aspetti eziologici delle patologie esaminando la variabilità spaziale di aspetti sanitari a livello aggregato in relazione all'esposizione a variabili ambientali. Le associazioni misurate nel presente studio, invece, valutando a livello individuale il verificarsi di eventi sanitari avversi collegati a fattori ambientali imputabili alla presenza dell'inceneritore, configurano uno studio analitico che supera i limiti propri del disegno dell'indagine ecologica.

Dal canto suo, tuttavia, anche la risk analysis utilizzata nel presente lavoro presenta criticità nella valutazione del rapporto causale con l'esposizione alle ricadute dell'inceneritore, in quanto considera la residenza del soggetto nel momento in cui si è verificato l'evento senza tener conto di possibili variazioni della stessa durante l'intero periodo di studio.

Il limite della risk analysis di assumere una permanenza nel tempo della residenza senza verificarne il tempo effettivo, vista la disponibilità di dati anagrafici con le variazioni delle residenze in tutto il periodo in studio e la possibilità di georeferenziare sia le residenze dei soggetti che avevano subito gli eventi sanitari (casi) che di tutta la popolazione dell'area, può essere in parte superato dallo studio di coorte retrospettivo.

Nello **studio di coorte**, infatti, il rischio relativo viene stimato tenendo conto del tempo di esposizione che intercorre tra il giorno dell'arruolamento e l'accadimento dell'evento o il termine del follow-up (tassi di incidenza).

In sintesi, la differenza tra i due studi è che nella risk-analysis si assume l'ipotesi che l'esposizione misurata al momento dell'evento sia tale anche precedentemente, mentre nello studio di coorte l'esposizione che precede l'evento è misurata (e non ipotizzata) in termini di giorni e la sua durata è inserita nel computo della stima del rischio relativo (hazard ratio). L'accertamento e la misurazione dell'esposizione in un momento temporale precedente l'evento è di fondamentale importanza per poter stabilire una relazione causale tra un'esposizione e l'insorgenza di un esito sanitario con un certo grado di accuratezza; questa considerazione rende la stima del rischio relativo ottenuta con uno studio di coorte più aderente alla situazione reale osservata e più accurata rispetto a quella ottenuta dalla risk-analysis.

Ad avvalorare l'importanza dell'esposizione pregressa come potenziale fattore favorente lo sviluppo della malattia (agente causale), nello studio di coorte sono stati analizzati solo i soggetti (eventi e non eventi) che presentavano un'esposizione di almeno sei mesi. Nello studio di coorte, tuttavia, il porre la condizione di almeno sei mesi di esposizione nella residenza individuata all'arruolamento e l'analisi dei soggetti che non avevano mai cambiato residenza nel periodo in studio, hanno portato all'esclusione dall'analisi di un certo numero di eventi e, in alcuni casi, alla riduzione della potenza statistica dello studio tale da non permettere l'analisi di certe patologie che presentano un numero di eventi inferiori a 10.

Nel caso in esame il suddetto vincolo statistico delle 10 osservazioni per categoria ha ridotto anche in questo approccio analitico e in misura maggiore le cause e le covariate esplorabili; non si sono infatti potuti indagare, per i decessi, i tumori maligni dello stomaco, i tumori maligni del retto, della giunzione retto-sigmoidea e dell'ano, i tumori maligni del fegato e dei dotti biliari intraepatici, i tumori maligni della laringe, i tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni, i linfomi non Hodgkin, le infezioni respiratorie acute, polmonite e influenza e le malattie polmonari croniche ostruttive. E' stato impossibile inoltre esaminare, tra i ricoveri, i tumori del fegato e dei dotti biliari, i tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni e i linfomi non Hodgkin.

Per gli eventi e le cause studiate, lo studio di coorte ha rafforzato di fatto quanto già evidenziato nello studio di risk analysis, confermando però come eccesso di rischio statisticamente significativo solamente quello per i ricoveri ospedalieri per “tutte le cause”, sia per il primo ricovero (HR 1,15; IC95%: 1,02-1,29) che per tutti i ricoveri (HR 1,11; IC95%: 1,02-1,22).

I limiti metodologici da segnalare anche per questo studio sono per la gran parte legati alla valutazione delle esposizioni, ed in particolare:

- la mancanza di dati individuali sui potenziali fattori di confondimento, quali le condizioni socio-economiche familiari, l'esposizione professionale, e lo stile di vita dei soggetti (abitudine al fumo, consumo di alcol, ecc.). I dati sullo stato socio-economico, disponibili a livello aggregato (sezione di censimento), come gli indici di deprivazione, permettono di controllare indirettamente per alcuni di questi fattori in particolare in relazione agli outcome tumorali (ad esempio abitudine al fumo ed esposizione professionale che sono strettamente legate alle condizioni socio-economiche). Tuttavia, si deve notare che i soggetti della nostra coorte risiedono in una zona particolarmente limitata e si può presumere che le differenze di abitudini di vita non siano così rilevanti;
- nelle valutazioni delle ricadute del PM<sub>10</sub> non è stato possibile tener conto delle trasformazioni chimiche che danno luogo agli inquinanti secondari, la cui composizione può essere molto diversa da quelli primari con sottostima delle esposizioni. Tuttavia, la modellistica delle ricadute del PM<sub>10</sub> utilizzata per la categorizzazione delle pressioni ambientali era riferita alle emissioni autorizzate all'impianto e quindi è probabile che nella realtà siano invece sovrastimate. Nello studio, comunque, sono utilizzati i gradienti di concentrazione simulati e la forma delle ricadute per cui le categorie di esposizione risultano indipendenti dal livello quantitativo reale delle stesse;
- la mancanza di valutazioni dettagliate e rappresentative dei contributi dei livelli di contaminazione di fondo e delle altre fonti di emissioni della zona (impianti industriali, viabilità e traffico, urbanizzazione, agricoltura);
- il periodo relativamente breve di osservazione e la mancata conoscenza della residenza / esposizione antecedente l'arruolamento anche al fine di valutare la compatibilità del periodo di latenza tra l'esposizione e la comparsa dell'evento sanitario, in particolare per patologie tumorali per cui l'insorgenza della malattia avviene dopo lunghi periodi di esposizione;
- la pressione ambientale considerata nello studio è stata rappresentata esclusivamente dalle emissioni in atmosfera, mentre sarebbe stato utile tenere in considerazione anche altre vie di assunzione quale, ad esempio, quella alimentare; molti microinquinanti infatti hanno un'elevata persistenza con accumulo nell'ambiente e richiedono un lungo periodo per la completa degradazione. La conoscenza delle abitudini alimentari dei soggetti della coorte (il consumo di prodotti locali, il consumo di acqua da pozzi comuni, etc.) potrebbe dare un notevole contributo alle analisi, anche se il lavoro necessario per ottenere tali informazioni esula dagli obiettivi del presente lavoro ed è incompatibile con i tempi e le risorse disponibili;
- anche a livello di metodologia statistica si deve rilevare che la ridotta numerosità della coorte incide sulla potenza statistica dei test e quindi sulla capacità di rilevare eccessi di rischio statisticamente significativi.

In questa sede, inoltre, sembra opportuno soffermarsi ulteriormente sul fatto che i valori delle concentrazioni di ricaduta utilizzati nello studio sono stati prodotti in epoca relativamente recente (2010) e pertanto riferiti verosimilmente a tecnologie di nuova concezione che, come detto in precedenza, conducono ad un abbattimento sempre più elevato delle emissioni. E' plausibile pensare, pertanto, che se fosse stata stimata l'esposizione applicando modelli di dispersione a dati storici di emissione dell'inceneritore, probabilmente sarebbero stati calcolati valori di più alta concentrazione sul recettore. Ciò che preme ribadire, tuttavia, è che lo studio non ha considerato l'esposizione al particolato in termini assoluti, ma ha utilizzato le concentrazioni derivate dalla modellistica di ricaduta del PM<sub>10</sub> per individuare aree su cui categorizzare l'esposizione. Il livello quantitativo reale dell'inquinante, in definitiva, nello studio risulta ininfluenza per la determinazione del rischio espositivo rilevato.

Ferma restando la maggior affidabilità dei risultati dello studio di coorte, nella visione d'insieme dei 4 approcci di studio si deve osservare una coerenza tra gli studi descrittivi su piccola area (4 km) e i due studi analitici che concordano sulla criticità nell'area per i decessi e i ricoveri per "tutte le cause" e per i ricoveri per le malattie respiratorie acute e le malattie dell'apparato circolatorio.

Da rilevare, inoltre, che gli eccessi evidenziati nelle indagini analitiche non concordano in genere con i corrispondenti eccessi statisticamente significativi (anzi talora contrastano in quanto difetti statisticamente significativi) dell'indagine descrittiva a livello comunale.

Come detto, molti degli eccessi di eventi sanitari meno frequenti studiati non hanno manifestato la significatività statistica a causa della scarsa numerosità della casistica e probabilmente anche della limitatezza del periodo in studio. Come detto in precedenza, l'indisponibilità di alcuni dati sanitari correnti ha permesso solo indagini esplorative su alcuni eventi quali il basso peso alla nascita rispetto all'età gestazionale, che non hanno dato luogo ad ipotesi di eccessi di rischio indagabili.

Per una maggiore completezza dell'indagine sarebbe stato quindi utile disporre dei relativi dati per analizzare con le stesse metodologie altri eventi sanitari associati in letteratura scientifica alle esposizioni alle emissioni degli inceneritori, quali gli esiti della gravidanza e le malformazioni congenite.

## 5.2. CONCLUSIONI

Per quanto riguarda gli eventi sanitari indagati nel presente studio si rileva, a livello di analisi **descrittiva sui cinque comuni**, una situazione sanitaria non particolarmente critica, caratterizzata tuttavia da un'incidenza superiore alla media regionale per le malattie cardiovascolari ed ischemiche del cuore. A livello locale nell'area prossima all'impianto, con i molti limiti legati alla ridotta popolazione (e casistica), si rilevano eccessi di rischio in sezioni di censimento e in aggregati di queste per i decessi ed i ricoveri per "tutte le cause". Eccessi sporadici, localizzati e spesso costituiti da un numero esiguo di osservati (specie per le patologie tumorali) si rilevano in sezioni e in cluster anche per i decessi, per tutti ed alcuni tumori (prostata), e per malattie dell'apparato circolatorio. Altri eccessi localizzati si rilevano per i ricoveri per tutti ed alcuni tipi di tumore (colon, vescica) e, più in generale, per le malattie cardiovascolari e respiratorie acute.

Lo **studio di coorte** ha messo in evidenza che la residenza nelle aree di maggior ricaduta delle emissioni dell'impianto di incenerimento dei rifiuti ha mostrato incrementi del rischio per i ricoveri ospedalieri per "tutte le cause" e, con minor forza di associazione, dei decessi per "tutte le cause" e dei ricoveri ospedalieri per le infezioni respiratorie acute (comprehensive dell'influenza e della polmonite) e per malattie dell'apparato cardiocircolatorio.

Nello studio di coorte, al fine di tentare di sopperire alla ridotta potenza statistica dei test per molte cause degli eventi sanitari, si è provato a raggruppare tutte le cause che nello studio ISS Sentieri erano state associate con vario grado di forza all'esposizione alle ricadute degli inceneritori, aumentando così il numero degli osservati in analisi.

Anche queste indagini hanno rilevato un incremento di rischio di decessi e primi ricoveri ospedalieri per le popolazioni più esposte, ma senza tuttavia raggiungere la significatività statistica.

Queste analisi, in cui l'incremento del rischio potrebbe essere attribuito semplicemente al caso, portano tuttavia a non poter escludere che l'eccesso di rischio, dimostrato nelle precedenti indagini per i primi ricoveri ospedalieri per tutte le cause, sia legato a cause associabili all'esposizione alle ricadute dell'inceneritore.

Nel caso opposto, in cui cioè non si fosse rilevato un incremento del rischio per il gruppo di cause associabili all'esposizione, si sarebbe più verosimilmente potuto supporre che l'eccesso di rischio dei primi ricoveri avrebbe potuto essere attribuito a cause diverse e indipendenti dalle ricadute dell'inceneritore.

Pur premettendo che la ripetizione dello studio con un più lungo periodo di osservazione permetterebbe di aumentare la potenza statistica dei test e di indagare a fondo più eventi sanitari e cause di malattia, il fatto che la pressione ambientale sia stata attualmente modificata con lo spegnimento dell'impianto di incenerimento potrebbe non supportare la necessità di ulteriori approfondimenti analitici epidemiologici e/o di biomonitoraggio.

La disponibilità infine di altri dati sanitari, quali i registri di patologia (es. tumori e malformazioni) e gli esiti riproduttivi (CEDAP), potrebbero consentire altre e maggiormente dettagliate indagini su specifici eventi sanitari.

Rimane comunque di particolare interesse verificare, attraverso l'attivazione di un sistema di sorveglianza epidemiologica, se gli eccessi rilevati si mantengano invariati nel tempo, nonostante la riduzione della pressione ambientale.

## BIBLIOGRAFIA

Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT, oggi ISPRA). *Diossine, Furani e PCB*; 2006. ISBN 88-448-0173-6

Ancona, C; Badaloni, C; Mataloni, F; Bolignano, A; Bucci, S; Cesaroni, G; Sozzi, R; Davoli, M; Forastiere, F. Mortality and morbidity in a population exposed to multiple sources of air pollution: A retrospective cohort study using air dispersion models. *Environ Res.* 2015 Feb;137:467-74.

ARPA Piemonte. 2015a. Valutazione epidemiologica degli effetti sulla salute dei soggetti intorno all'inceneritore per rifiuti solidi urbani di Vercelli.

ARPA Piemonte. 2015b. Contestualizzazione dello studio epidemiologico sull'inceneritore di Vercelli in ambito scientifico e territoriale.

Golini MN, Ancona C, Badaloni C. Stato di salute della popolazione residente nei pressi dei termovalorizzatori del Lazio: uno studio di coorte retrospettivo con approccio pre-post. *Epidemiol Prev* 2014; 38 (5):323-34.

Health Protection Scotland, Scottish Environmental Protection Agency *Incineration of Waste and Reported Human Health Effects*. Health Protection Scotland, Glasgow, 2009.

Linzalone, N; Bianchi, F. Inceneritori: non solo diossine e metalli pesanti, anche polveri fini e ultrafini. *Epidemiol Prev* 2007; 31(1):62-6.

Parmagnani, F; Ranzi, A; Ancona, C; Angelini, P; Chiusolo, M; Cadum, E; Lauriola, P; Forastiere, F. Metodologia di valutazione degli impatti sulla salute delle politiche di gestione dei rifiuti solidi urbani: il progetto SESPIR. *Epidemiol Prev* 2014; 38(5):305-312.

Ranzi, A; Fano, V; Erspamer, L; Lauriola, P; Perucci, CA; Forastiere, F. Mortality and morbidity among people living close to incinerators: a cohort study based on dispersion modeling for exposure assessment. *Environmental Health* 2011, 10:22.