

## Esperienza di utilizzo della VIS per la localizzazione di un inceneritore nell'area fiorentina

Fabrizio Bianchi,<sup>1</sup> Eva Buiatti,<sup>2</sup> Simone Bartolacci,<sup>2</sup> Nunzia Linzalone,<sup>1</sup> Fabrizio Minichilli,<sup>1</sup> Andrea Corti,<sup>3</sup> Lidia Lombardi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Reparto epidemiologia, Istituto fisiologia clinica, Consiglio nazionale delle ricerche, Pisa

<sup>2</sup> Osservatorio epidemiologico, Agenzia regionale sanità della Toscana, Firenze

<sup>3</sup> Dipartimento di ingegneria dell'informazione, Università degli studi di Siena

<sup>4</sup> Dipartimento di energetica «Sergio Stecco», Università degli studi di Firenze

**Corrispondenza:** Fabrizio Bianchi, Reparto epidemiologia, Istituto fisiologia clinica, Consiglio nazionale delle ricerche, Pisa;  
e-mail: fabrizio.bianchi@ifc.cnr.it

### Presentazione

L'esperienza presentata in questo articolo utilizza un approccio della valutazione di impatto sanitario (VIS) sia quantitativo sia qualitativo per l'analisi del contesto ambientale in cui collocare un impianto di incenerimento di rifiuti urbani con produzione di energia inserito nella Piana di Firenze, Prato e Pistoia, per l'elaborazione delle stime di carico ambientale da esso derivanti e delle condizioni di salute *baseline* della popolazione potenzialmente esposta. La VIS è stata introdotta nel processo decisionale quando la scelta di merito e di collocazione dell'impianto era già stata fatta.

L'analisi è costituita da due studi, uno ambientale e uno epidemiologico. L'obiettivo dello studio ambientale è definire un quadro utile per le valutazioni di salute. La procedura analitica ha considerato l'inceneritore previsto, e il complesso degli inquinanti rilasciati in atmosfera dalle altre fonti presenti, sulla base di analisi dei processi di trattamento e smaltimento dei rifiuti urbani (RU) presenti nell'area di studio, con riferimento allo stato attuale e alla prospettiva futura; di analisi dell'impianto per stimare le aree di massima ricaduta; di analisi degli altri processi antropici caratteristici dell'area (industrie, viabilità, insediamenti civili, eccetera); di valutazioni di dettaglio dell'impatto delle emissioni in atmosfera; di definizione e caratterizzazione di possibili interventi di mitigazione; di valutazione delle modificazioni degli impatti a seguito dell'introduzione delle misure di mitigazione.

Lo studio delle condizioni di trasporto e di contaminazione è stato effettuato mediante modelli di diffusione in atmosfera degli inquinanti emessi dalle diverse sorgenti antropiche.

Per quanto riguarda lo studio epidemiologico si distinguono due fasi:

- una fase di screening per la quale, sulla base dei flussi correnti, è stata realizzata nei comuni circostanti il sito prescelto un'analisi descrittiva della morbilità e mortalità per le patologie segnalate in relazione con l'esposizione a inceneritori;
- una fase di valutazione per la quale si è proceduto alla georeferenziazione dei casi e dei denominatori in un'area definita sulla base della stima delle ricadute ambientali dei principali inquinanti di interesse. E' stata svolta un'analisi per quadranti, corone e lungo le principali vie di traffico circostanti il sito inizialmente prescelto e due siti alternativi successivamente

individuati. E' stata realizzata un'analisi microgeografica per l'identificazione di cluster nelle stesse aree.

Dall'analisi è emerso che l'area nel suo complesso presenta notevole carico ambientale legato soprattutto ai livelli di traffico urbano ed extraurbano e ad alcune attività produttive. Il termovalorizzatore potrebbe incidere su tali livelli per quanto concerne metalli pesanti, PCDD/PCDF e IPA. Per la riqualificazione dell'area vengono suggeriti interventi su traffico e viabilità e la realizzazione di aree boscate.

Nella fase di valutazione intorno al primo sito di scelta si identificano diversi cluster soprattutto di patologie respiratorie e neoplasie polmonari, in particolare in relazione con le principali vie di traffico urbano. La situazione epidemiologica risulta migliore per uno dei due siti alternativi.

Viene inoltre rimessa in discussione la localizzazione dell'impianto e viene firmato dalle amministrazioni interessate un protocollo di intesa per la riqualificazione dell'area. Le decisioni finali in proposito non sono ancora state prese.

Fra i limiti dell'esperienza va ricordato che la procedura è stata avviata tardivamente rispetto al processo decisionale, che il rapporto con i cittadini non era stato né concordato né condiviso in fase iniziale, che non è stato effettuato un accreditamento a priori delle strutture tecniche, e che si sono incontrate difficoltà nel separare il ruolo tecnico da quello politico; inoltre se da un lato sono mancati un organismo unitario di gestione del territorio e un quadro certo di opere previste per il futuro, non sono invece mancate strumentalizzazioni o distorsioni dei contenuti tecnici.

Tra gli elementi positivi riteniamo di poter annoverare l'accettazione di valutazioni integrate e della necessità di ridiscussione di decisioni, l'assunzione di misure di riqualificazione, una maggiore conoscenza del contesto ambientale e sanitario e una crescita, seppure ancora insufficiente, nella trasparenza e nel rapporto con i cittadini, che ha comportato una maggiore e più avanzata articolazione del dibattito a livello di comunità.

### Premessa

La VIS, sperimentata in diversi paesi e contesti nel mondo, è oggi caratterizzata da tre diversi approcci.

- Una prima proposta di VIS deriva dalla valutazione di im-

patto ambientale (VIA): si tratta del modello elaborato in Canada che ne utilizza strumenti e modelli di valutazione.<sup>1</sup>

■ Una seconda modalità, sviluppata in Inghilterra, Scozia e Irlanda del Nord, mira soprattutto ad analizzare gli impatti sull'equità, con forte enfasi sulla partecipazione e sull'intersectorialità nel processo decisionale.<sup>2</sup> La differenza tra i due è che l'approccio canadese mette al centro la valutazione quantitativa, stabilendo un legame più stretto con le discipline epidemiologiche e di valutazione del rischio (*risk assessment*); per questo viene anche definito «approccio quantitativo o analitico alla VIS», mentre quello britannico è denominato «approccio VIS della promozione della salute e della partecipazione».

■ Un terzo approccio riguarda altre esperienze di introduzione della VIS nel processo di pianificazione delle politiche pubbliche, realizzate in Svezia, Germania, Australia e Nuova Zelanda, che hanno utilizzato procedure simili al modello britannico ma con l'innesto di significative esperienze di valutazione quantitativa.<sup>3-6</sup> Questo terzo approccio alla VIS, che integra i due precedenti, non disconosce le potenzialità offerte dall'analisi di rischio e, talvolta, include la considerazione di esposizioni multiple e molteplici esiti di salute per i quali spesso ci si deve accontentare di valutazioni qualitative o semi-quantitative, a causa dell'insufficiente conoscenza di dati sull'esposizione e sulla relazione dose-risposta.

Nella pratica è da considerare che se da una parte un approccio spinto di tipo analitico-quantitativo può permettere di confrontare su base quantitativa più opzioni, non senza preassunzioni sui modelli di stima, dall'altra può avere bisogno di tempi lunghi e dispendio di risorse. Ciò comporta implicazioni sul piano scientifico e su quello delle decisioni: poiché il lavoro scientifico produce una maggiore conoscenza del contesto socio-sanitario e ambientale, l'atto decisionale può risultare problematico perché i metodi probabilistici applicati a relazioni complesse generalmente non forniscono solide e inconfutabili certezze.

Le prospettive, le criticità e le ricadute della VIS, oggetto di un recente lavoro di Krieger e colleghi,<sup>7</sup> richiamano l'attenzione sulla necessità di chiarire a priori il ruolo dei decisori, la partecipazione di tutti gli attori e i conflitti di interesse, incluso il tema dei finanziamenti per realizzare la VIS stessa.

La VIS dovrebbe accompagnare fin dall'inizio l'individuazione di opzioni progettuali o la definizione di strategie per la gestione del territorio, per esempio affiancando la valutazione ambientale strategica (VAS) di recente introduzione in Europa.<sup>8,9</sup>

Sostanza	quantità
NO <sub>x</sub>	150 mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	8 mg/Nm <sup>3</sup>
PM10	2,27 mg/Nm <sup>3</sup>
Cd	0,005 mg/Nm <sup>3</sup>
Pb	0,00021 mg/Nm <sup>3</sup>
Hg	0,005 mg/Nm <sup>3</sup>
benzene	0,015 mg/Nm <sup>3</sup>
toluene	0,034 mg/Nm <sup>3</sup>
xilene	0,01 mg/Nm <sup>3</sup>
PCDD/PCDF	0,05 ng/Nm <sup>3</sup> TE
IPA	22,18 ng/Nm <sup>3</sup>

Tabella 1. Valori di riferimento delle concentrazioni al camino.

Per la valutazione qui descritta, commissionata dalla Provincia di Firenze alla fine del 2001 e tra i primi casi di applicazione dello strumento in Italia, la scelta del modello è ricaduta sull'approccio del terzo tipo in considerazione del dibattito svoltosi tra i soggetti interessati, delle esperienze pregresse disponibili e delle caratteristiche locali. Di conseguenza sono state realizzate una forte connessione allo studio di impatto ambientale, un'approfondita analisi quantitativa riguardo allo stato di salute e un'attenzione continua alla discussione con i decisori e alla diffusione dei risultati.

Su quest'ultimo aspetto è da evidenziare che, essendo stata tardiva l'attivazione della VIS rispetto alla preparazione del Piano di gestione dei rifiuti urbani della Provincia di Firenze, era risultato chiaro fin dal principio che il coinvolgimento della comunità sarebbe stato limitato e insufficiente. Infatti, invece di avere inizio nel corso della redazione del Piano RU, la VIS era stata commissionata a Piano redatto e sul solo impianto di incenerimento rifiuti. E tuttavia, in fase di discussione per l'affidamento del lavoro, il gruppo tecnico aveva potuto contrattare la possibilità di considerare area oggetto di studio un ambito territoriale vasto.

A seguito dei risultati e delle conclusioni della fase di screening (la prima fase della VIS) il Consiglio provinciale, nella delibera di approvazione del Piano rifiuti (02.11.2002), aveva vincolato la realizzazione dell'impianto all'esito della successiva fase di valutazioni di contesto specifico. Tale fase prevedeva la caratterizzazione delle emissioni e delle ricadute degli inquinanti, stimata sulla base delle misure disponibili e delle caratteristiche dell'impianto previsto, e la definizione della popolazione potenzialmente esposta collocata vicino o all'in-

Siti proposti per la localizzazione	popolazione residente al 31.12.2001							
	<0,5 km		<1,0 km		<1,5 km		<2,5 km	
	n.	%	n.	%	n.	%	n.	%
A - Osmannoro	30	0,1	72	0,3	1.067	3,8	27.744	100,0
B - Ponte a Maccione	0	0,0	57	0,2	3.118	10,3	30.913	100,0
C - Case Passerini	0	0,0	52	0,3	114	0,7	17.213	100,0

Tabella 2. Popolazione residente secondo la distanza da tre diversi siti di localizzazione.

terno dell'area di ricaduta e del suo stato di salute, in riferimento alle patologie di interesse ricavabili dalla letteratura scientifica.

Il percorso qui presentato riguarda la VIS di un impianto di incenerimento di rifiuti solidi urbani previsto nell'area della Piana fiorentina dalla fase di screening, a quella analitica riguardante la localizzazione inizialmente prevista, a quella che riguarda altre due localizzazioni alternative, fino alla valutazione di alcune proposte di mitigazione di impatto e di riqualificazione ambientale. I materiali, i metodi e i risultati degli studi ambientale ed epidemiologico effettuati, presentati in sintesi di seguito, sono riportati per esteso sul Quaderno «Valutazione di impatto sanitario del piano di gestione dei rifiuti urbani della Provincia di Firenze», in corso di stampa.<sup>10</sup>

### Lo studio ambientale

Obiettivo dello studio è definire un quadro ambientale utile per le valutazioni riguardanti la salute; la procedura analitica ha considerato l'inceneritore previsto e il complesso degli inquinanti rilasciati in atmosfera dalle altre fonti presenti.

Nella piana a Ovest della città di Firenze sono attualmente presenti una discarica per rifiuti urbani (Case Passerini) e un impianto attiguo di selezione e compostaggio. Il Piano provinciale dei rifiuti prevede la realizzazione di un impianto di trattamento termico di RU, la chiusura della discarica, un riorientamento dell'impianto di compostaggio verso la produzione di compost da frazione organica e verde raccolta con modalità differenziata.

La discarica è funzionante dal 1975 e nei 5 lotti di apertura ha conferito oltre 2 milioni di tonnellate di rifiuti. La valutazione delle emissioni in atmosfera di questo impianto è stata effettuata confrontando lo scenario al 2003, con captazione del biogas prodotto annualmente e combustione in torcia pari al 50%, con uno scenario futuro con l'80% di captazione e combustione in motore a combustione interna, in modalità prevalente per produzione di energia elettrica.

Una stima con modello US-EPA (Landfill Gas Emission Model, Version 2.01, 1997), basata sull'ammontare di biogas emesso annualmente dalla discarica, pari a circa  $9,10E+06$  m<sup>3</sup>/anno nel 2003 (529.400 tonnellate di rifiuti conferiti) e circa  $1,17E+07$  m<sup>3</sup>/anno per il 2007, consente di apprezzare i miglioramenti ottenibili. Questo modello assume che il carbonio degradato vada a formare un biogas composto sostanzialmente da 50% in volume di CO<sub>2</sub> e 50% in volume di CH<sub>4</sub>. La maggiore captazione e combustione di biogas, oltre al positivo contributo alla riduzione dell'effetto serra, consente un abbattimento importante di alcuni composti (di oltre un ordine di grandezza per NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM10), mentre non si ottengono differenze apprezzabili per Hg, BTX e diossine.

L'impianto di selezione e compostaggio, attiguo alla discarica di Case Passerini, è finalizzato alla produzione di combustibile derivato dai rifiuti (CDR), frazione organica stabilizzata

(FOS), compost da frazioni selezionate, materiali ferrosi avviati a recupero. La produzione di CDR è valutata in 10.430 t/anno, con un consumo di gas naturale per l'essiccazione pari a circa 2.523.000 m<sup>3</sup>/anno. Le emissioni per la combustione di gas naturale e per il processo di essiccazione della frazione combustibile, non trascurabili soprattutto quelle di polveri, SO<sub>2</sub> e alcuni metalli pesanti, sarebbero risparmiate nello scenario futuro che non prevede questo tipo di impianto.

La sezione di trattamento biologico aerobico rilascia principalmente sostanze che provocano disturbi olfattivi (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, amine, mercaptani), ma anche polveri e COV con possibili effetti sulla salute. Lo scenario futuro prevede un incremento di rifiuti per compostaggio (da raccolte differenziate di scarti verdi e organico), pertanto le stime di inquinamento effettuate sulla base dei dati autorizzativi, sovrastimati rispetto alla situazione attuale, sono state considerate nello scenario futuro. L'inceneritore previsto dovrebbe provvedere al trattamento termico dei rifiuti indifferenziati dell'area metropolitana fiorentina, a valle di preselezione per la parziale esclusione della frazione organica, e dei fanghi di risulta della depurazione di acque reflue civili.

Non esistendo le specifiche tecniche dell'impianto, ma solo l'indicazione dei carichi, di caratteristiche generali e dell'obbligo alla scelta di BAT (*best available technologies*), per le stime della produzione di inquinanti è stato considerato un impianto con 2 camini di altezza 60 m e diametro 1,6 m, con portata fumi per camino di 62.606 Nm<sup>3</sup>/h e temperatura di uscita 413 K e valori di riferimento come riportati in tabella 1.

Per quanto riguarda i fumi di combustione è stata scelta una soluzione cautelativa, cioè in grado di generare la maggiore portata di fumi di combustione (combustione adiabatica ad aria, 153.760 t/anno di RU, 13.500 t/anno di fanghi con 89% di sostanza secca, portata dei fumi 125.212 Nm<sup>3</sup>/h).

Lo studio ambientale è stato svolto secondo le seguenti fasi:

- analisi dei processi di trattamento e smaltimento dei RU presenti nell'area di studio, con riferimento allo stato attuale e alla prospettiva futura prevista dal Piano provinciale di gestione dei RU (PPGR);
- analisi di dettaglio dell'impianto per definire le aree di massima ricaduta degli impatti sull'aria;
- analisi degli altri processi antropici caratteristici dell'area (industrie, viabilità, insediamenti civili, eccetera) per definire modelli rappresentativi dei processi di produzione di fattori di impatto sull'aria;
- valutazioni di dettaglio del livello di impatto delle emissioni in atmosfera, all'interno di un'area territoriale individuata per estensione e caratteristiche;
- definizione e caratterizzazione di possibili interventi di mitigazione degli impatti;
- valutazione delle modificazioni degli impatti delle emissioni in atmosfera, a seguito dell'introduzione delle misure di mitigazione.

Lo studio delle condizioni di trasporto e di contaminazione è

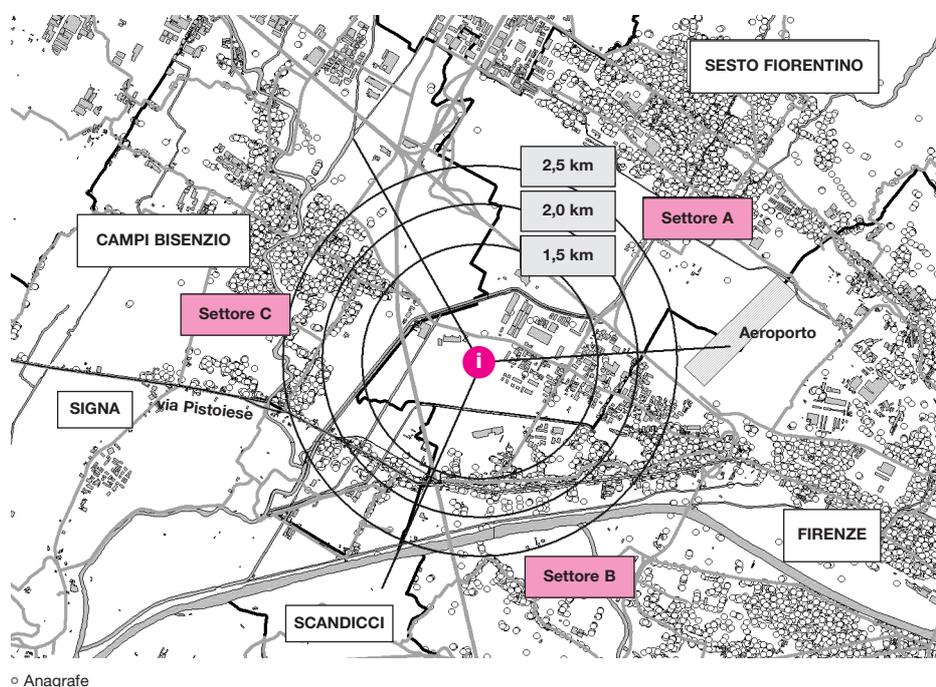


Figura 1. Aree circolari e settori radiali di interesse costruiti intorno all'impianto di termovalorizzazione (Osmannoro).

stato effettuato mediante modelli di diffusione in atmosfera degli inquinanti emessi dalle diverse sorgenti antropiche.

Lo studio dello stato di sollecitazione ambientale dell'area è finalizzato a definire una *baseline* di dati per la verifica dello stato di compromissione futuro ed eventuali scenari di mitigazione o di riduzione degli impatti mediante interventi strutturali o gestionali.

Sono state considerate tre tipologie di sorgenti di inquinanti:

- sorgenti afferenti ai processi antropici connessi con il sistema produttivo (industriale, artigianale, commerciale e dei servizi);
- sorgenti afferenti ai processi antropici connessi con i sistemi di mobilità e di trasporto;
- sorgenti afferenti ai processi antropici connessi con i servizi di tipo civile, sostanzialmente per riscaldamento degli edifici.

Per le analisi di tipo diffusionale, le sorgenti sono state classificate in:

- sorgenti puntuali (emissioni da camino);
- sorgenti lineari (emissioni da traffico veicolare);
- sorgenti areali o diffuse (emissione sia non concentrata sia concentrata ma non significativa, come alcune emissioni stradali o puntuali non convogliate da camino).

Il bilancio ambientale preliminare è stato effettuato considerando la produzione di inquinanti significativi dal punto di vista sanitario ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , polveri, Pb, Cd, Hg, benzene, toluene, xilene, IPA, PCDD/PCDF),<sup>11</sup> mediante confron-

to tra lo stato attuale e quello previsto nello scenario futuro. L'area di interesse per lo studio è stata individuata in base al raggio massimo di ricaduta significativa di inquinanti potenzialmente emessi dall'inceneritore, valutato in 5 km di raggio. Inoltre sono state effettuate analisi su uno scenario di larga scala (quadrato con 20 km di lato) sia per la taratura dei modelli sia per la contestualizzazione dei risultati in un'area vasta. Nel passaggio dal presente al futuro, l'incremento percentuale della produzione in massa (in kg/anno) di ciascun inquinante, relativamente ai soli sistemi di gestione dei rifiuti presenti nell'area, è stato valutato di segno positivo per tutte le sostanze considerate e rilevante in particolare per metalli pesanti, PCDD/PCDF e IPA.

L'incremento relativo di emissioni rispetto agli inquinanti prodotti anche dalle altre sorgenti antropiche (traffico, emissioni diffuse e aeroporto) è risultato:

- irrilevante per BTX (benzene, toluene, xilene);
- minimo per  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , polveri (PM10) e piombo (3-4%);
- rilevante per cadmio, mercurio e IPA (10%-47%);
- critico per PCDD/PCDF, per i quali appare preponderante il contributo dell'inceneritore.

#### Mitigazione di effetto

Come intervento interno al Piano RU è stata considerata l'ipotesi di sostituzione di caldaie a uso industriale e civile, mediante una rete di teleriscaldamento alimentata dal calore di risulta del termovalorizzatore (in modalità di cogenerazione) e gestione della discarica in condizioni di chiusura. L'effetto di

mitigazione, in aree contigue, è risultato apprezzabile solo per le emissioni di polveri, NO<sub>x</sub>, cadmio e piombo.

Sono stati poi valutati due interventi di mitigazione esterni al Piano:

■ modificazioni del sistema di trasporto a favore di collegamenti pubblici metropolitani, per sottrarre quote di traffico privato dalle principali linee di transito; tale riduzione è stata complessivamente stimata variabile fra il 5% e il 15%. Gli effetti stimati si presentavano rilevanti per diversi inquinanti (annullamento degli incrementi stimati dal Piano RU per NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, polveri e BTX), poco rilevanti per IPA, e irrilevanti per PCDD/PCDF, cadmio e mercurio.

■ Costituzione di un'area verde. Gli effetti di un sistema verde di 20 ha di superficie è stato valutato dal Dipartimento di ortoflorofruitticoltura dell'Università di Firenze e ha dato interessanti risultati sulla riduzione di inquinanti atmosferici nell'area di studio, sia dovuti a sorgenti lineari e puntuali presenti sia previsti a causa dell'inceneritore.

Lo studio ha stimato che per molti macroinquinanti l'area boscata potrebbe produrre un assorbimento tra il 30 e il 60%, mentre non sono state effettuate stime sulle diossine in quanto i dati presenti in letteratura non riportano informazioni robuste sulle capacità delle piante di aggredire tali inquinanti. Un bilancio complessivo di misure di mitigazione interna ed esterna al Piano deve essere comunque verificato sulla base delle caratteristiche degli impianti, stante anche i livelli quantitativi minimi di alcuni impatti. Lo studio ambientale ha messo in risalto il fatto che gli elementi critici, per i quali la mitigazione degli effetti introdotti dal Piano appare più complessa, sono mercurio, PCDD/PCDF e in misura minore cadmio.

**Lo studio epidemiologico**

La metodologia di valutazione, secondo la definizione di VIS,

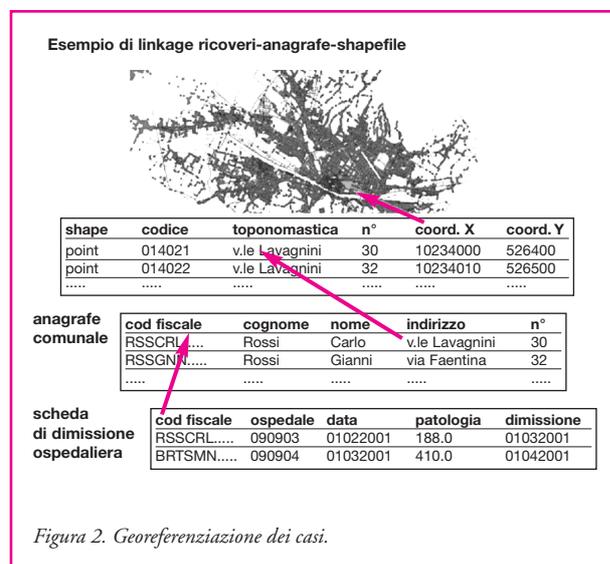


Figura 2. Georeferenziazione dei casi.

ha comportato il passaggio attraverso più fasi di indagine, di discussione e condivisione dei risultati.

**Prima fase: lo screening**

Effettuata nel corso del 2002, la fase di screening ha avuto l'obiettivo di descrivere lo stato di salute *baseline* della popolazione residente nell'area oggetto di valutazione. L'analisi descrittiva dell'area (Comuni di Sesto Fiorentino, Campi Bisenzio, ex quartiere 6 di Firenze) è stata basata sui principali flussi informativi correnti e alcuni registri di patologia (Registro di mortalità regionale 1996-1999, schede di dimissione ospedaliera 1996-1999, Registro tumori toscano 1985-1997, certificati di assistenza al parto 1996-1999, Registro regionale dei difetti congeniti 1992-1999).

Per evidenziare eccessi di patologia nei tre comuni interessati, i dati sono stati analizzati sia separatamente sia nel loro insieme. Sono stati calcolati rapporti standardizzati indiretti di mortalità (SMR), rapporti standardizzati indiretti di incidenza (SIR), tassi standardizzati diretti di ospedalizzazione, rapporti tra osservati e attesi per le malformazioni congenite, utilizzando la Provincia di Firenze come standard. Sono state analizzate tutte le cause nel complesso e le singole cause, per maschi e femmine, sulla base della terza cifra dell'ICD-9.

Per il calcolo dei tassi è stato predisposto un programma Visual Basic che ha permesso di calcolare in automatico oltre 3.000 tassi e di selezionare solo quelli che hanno registrato una differenza significativa (p < 0,05) in eccesso o in difetto, escludendo i tassi basati su un solo caso osservato. I materiali e i risultati della fase di screening sono pubblicati per esteso.<sup>12</sup>

**Seconda fase: la valutazione**

La valutazione è finalizzata alla descrizione dello stato di salute della popolazione residente in un'area geografica definita sulla base della distanza dal sito di ipotetica localizzazione dell'impianto e dei risultati dello studio d'impatto ambientale, descrivendo con maggior dettaglio patologie potenzialmente correlate a fattori di rischio ambientale.

La popolazione oggetto dello studio è stata identificata a partire dagli archivi delle anagrafi dei tre comuni, comprensive dei movimenti naturali e migratori dal 1996 al 2001. Gli archivi anagrafici sono stati georeferenziati tramite una procedura di *record linkage* con le mappe vettoriali degli indirizzi (vie e numeri civici), in modo da mappare ciascun soggetto presente in anagrafe in base alle coordinate geografiche della residenza. Le mappe sono state gestite mediante software GIS (Geographical Information System). A causa di errori di registrazione (abbreviazioni, numeri civici barrati, numeri civici interni, eccetera) non è stato possibile georeferenziare l'1,2% dei soggetti presenti in anagrafe.

L'area di analisi è stata individuata attorno al punto sorgente mediante tre corone circolari concentriche di raggio 1,5 km, 2 km e 2,5 km, suddivise a loro volta in 3 settori indicati come A, B, C (figura 1).

Tali scelte sono state guidate dai risultati delle analisi ambientali, e in particolare la scelta del raggio massimo è stata rite-

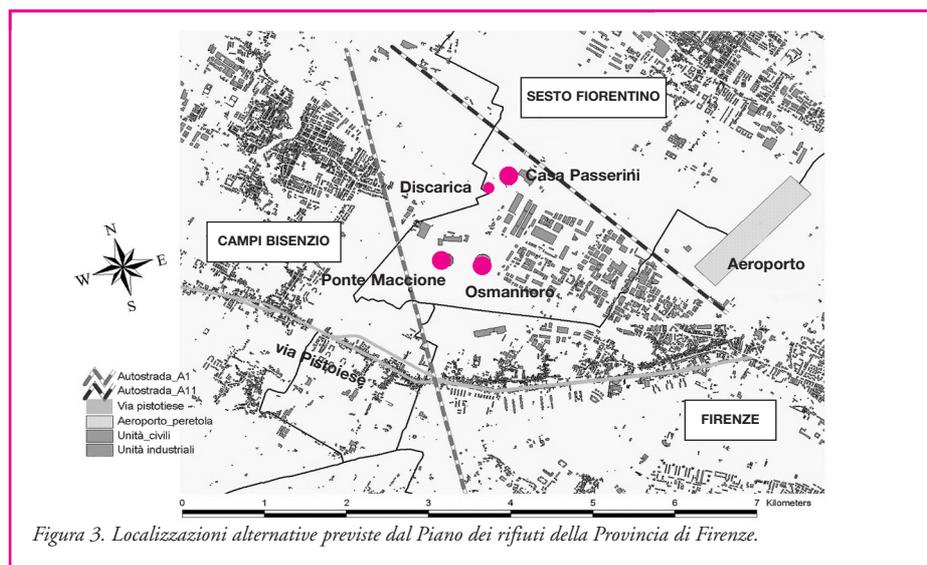


Figura 3. Localizzazioni alternative previste dal Piano dei rifiuti della Provincia di Firenze.

nuta adeguata sulla base dei seguenti risultati:

- i superamenti di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_x$  e  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{PM}_{10}$  risultavano prevedibili per 88-176 ore/anno (2° percentile) entro 1,5 km dal punto sorgente, superamenti di 0,05 di piombo (Pb) per 88-176 ore/anno (2° percentile) entro 1,0 km dal punto sorgente;

- la forma del modello di ricaduta è risultata spostata verso Sud rispetto al punto sorgente, con forma a goccia comunque entro i 2,5 km;

- la previsione sullo scenario di larga scala (20 km x 20 km) ha prodotto stime previsionali di ricadute molto basse oltre la corona circolare di raggio 2,5 km dal punto sorgente.

Inoltre, è stata definita un'ulteriore area di indagine di 250 m su entrambi i lati di una direttrice di traffico intenso (via Pistoiese), presente nella zona Sud dell'area di studio. Utilizzando le indicazioni emerse dalla revisione della letteratura,<sup>11</sup> sono state identificate per l'analisi patologie per le quali è riferita almeno una evidenza bibliografica di correlazione significativa con fattori di inquinamento ambientale. Sono stati georeferenziati circa l'85% dei casi individuati; il mancato *linkage* con gli archivi anagrafici è ascrivibile a errore di compilazione del codice fiscale nell'archivio anagrafico, errore di compilazione del codice fiscale negli archivi sanitari, o errato comune di residenza registrato negli archivi sanitari.

Il GIS permette di mappare e contare i numeratori (casi) e i denominatori (popolazione) in ciascuna sub-area (corone e settori), necessari per il calcolo di rapporti standardizzati indiretti rispetto ai dati provinciali (figura 2).

In considerazione della verosimile sottostima dovuta alla quota di casi esclusi nell'operazione di georeferenziazione e della natura descrittiva-esplorativa dello studio, è stato adottato un approccio statistico più sensibile nell'identificare scostamenti osservato/atteso; effettuando test con probabilità di errore di primo tipo del 10%, oltre al tradizionale 5%.

Nel corso della valutazione in funzione della potenziale localizzazione dell'inceneritore in località Osmanoro e dei conseguenti risultati preliminari il committente, su suggerimento del gruppo tecnico, ha ritenuto opportuno prendere in considerazione altre due possibili localizzazioni (Ponte di Maccione, Case Passerini) (figura 3), coerentemente con le indicazioni metodologiche della VIS che concordano sulla necessità di procedere ponendo a confronto più opzioni. Pertanto sono state ripetute tutte le analisi sulle altre due localizzazioni in modo da poter confrontare i risultati ottenuti.

Un'ulteriore e più sofisticata analisi statistica dei dati epidemiologici è stata effettuata mediante uso del rapporto bayesiano di mortalità e morbosità (BMR) con modello gerarchico di convoluzione gaussiana<sup>13</sup> su dati aggregati a livello microgeografico e della statistica SatScan di Kulldorff per l'identificazione di cluster<sup>14</sup> su dati individuali.

#### Risultati

I risultati della fase di screening relativi alle analisi epidemiologiche sulla popolazione residente nei Comuni di Sesto Fiorentino e Campi Bisenzio e porzione del Comune di Firenze mostravano una situazione di salute generalmente nella media o migliore della media provinciale. Facevano eccezione alcuni eccessi per:

- la mortalità per tumori del polmone nei maschi a Campi Bisenzio (n. 79; SMR= 128,1;  $p < 0,05$ ), confermata dai dati sui ricoveri (n. 195; SMR= 126,1;  $p < 0,05$ );

- l'incidenza di tumori del polmone nei maschi (n. 252; SIR= 119,1;  $p < 0,01$ ) e di linfomi non Hodgkin nelle femmine (n. 40; SIR= 141,0;  $p < 0,05$ ) nel Comune di Campi Bisenzio;

- le malformazioni congenite dell'orecchio nell'insieme dei Comuni di Campi e Sesto (n. 12; SMR= 248,2;  $p < 0,05$ ) e le urogenitali a Sesto (n. 18; SMR= 204,5;  $p < 0,05$ ).

Per quanto riguarda la fase analitica, la georeferenziazione della popolazione residente intorno ai tre possibili siti (A= Osmanoro, B= Ponte di Maccione, C= Case Passerini) evidenziava un numero di residenti intorno al sito C molto ridotto rispetto agli altri due nell'area entro i 2,5 km e, soprattutto, nelle corone con raggio 1,5 km e 0,5 km (tabella 2). E' da considerare che un numero più ridotto di soggetti potenzialmente esposti determina una minore potenza di studio, cioè un'inferiore capacità di mettere in evidenza eccessi di rischio di dimensioni ridotte.

Analizzando la distribuzione della mortalità e dei ricoveri secondo 14 cause, nelle aree intorno ai tre siti emergono alcuni

eccessi significativi:

■ localizzazione Osmannoro: eccesso di mortalità per malattie dell'apparato respiratorio nel settore Sud, nella corona tra 2 km e 2,5 km (n. 21; SMR= 174,9;  $p < 0,10$ ), eccessi di ricoveri cumulati ai decessi lungo la via Pistoiese per «altre malattie del polmone» nei maschi (n. 36; SMR= 168,8;  $p < 0,10$ ) e per asma nelle bambine (n. 8; SMR= 230,5;  $p < 0,05$ ).

■ Localizzazione Ponte di Maccione: eccessi di ricoveri cumulati ai decessi nel settore Nord-Ovest, corona <1,5 km, per il tumore della vescica nelle femmine (n. 3; SMR= 402,3;  $p < 0,05$ ) e nella corona 1,5-2 km per «altre malattie del polmone» nei maschi e nelle femmine (n. 26; SMR= 144,5;  $p < 0,10$ ).

■ Localizzazione Case Passerini: un solo eccesso significativo nel settore Nord-Ovest a distanza 1,5-2 km per «tumore della vescica» nelle femmine (n. 3; RSM= 602,8;  $p < 0,05$ ).

La ricerca di cluster ha individuato un addensamento significativo per i ricoveri per tumore del polmone nell'area lungo la via Pistoiese nei pressi dell'ingresso nel Comune di Firenze (osservati= 31; attesi= 12, RR= 2,6;  $p < 0,001$ ), e un addensamento significativo per i ricoveri per «altre malattie del polmone» sempre in area limitrofa l'arteria a traffico intenso (osservati= 36; attesi= 16,3, RR= 2,1;  $p < 0,01$ ).

In considerazione delle tre localizzazioni, dei dati ambientali e dei risultati epidemiologici conseguiti dalla prima e dalla seconda fase, si è proceduto alla conduzione di un'analisi epidemiologica microgeografica su un'area più ampia. Un'area di forma quadrata con lato di 9 km, comprendente i tre cerchi disegnati intorno ai tre siti, è stata suddivisa in 36 quadrati con lato di 1,5 km (figura 4). La popolazione residente nell'area al 31.12.2001 era di 126.646 soggetti (13% della popolazione provinciale) di cui 61.009 maschi (7% della

popolazione provinciale). I ricoverati osservati per le patologie in studio erano 3.302 (12% del dato provinciale) e i decessi 797 (11% del dato provinciale).

Per i maschi emergevano eccessi significativi di ricovero per il gruppo «altre malattie del polmone» e per il sarcoma dei tessuti molli. Inoltre si segnalano eccessi non significativi degni di nota per il tumore al polmone. Le cause di mortalità risultavano non significativamente diverse dal riferimento provinciale. Per le femmine sia la morbosità sia la mortalità risultavano in linea con la media provinciale; da segnalare eccessi ai limiti della significatività per il gruppo «altre malattie del polmone» e per il tumore alla vescica. Dalle analisi sul totale dei soggetti risultavano eccessi di morbosità significativi per il gruppo «altre malattie del polmone» e per il sarcoma dei tessuti molli, ed eccessi non significativi per il tumore al polmone e alla vescica. Le cause di mortalità risultavano non significativamente diverse dal riferimento provinciale.

In diverse sub-aree sono risultati eccessi di ricovero statisticamente significativi sia di SMR sia di BMR:

■ l'area A5, prevalentemente urbana, è risultata in eccesso per il sarcoma nei maschi (n. 5; BMR= 237,2);

■ nell'area B4, prevalentemente rurale, comprendente una porzione urbana di Sesto Fiorentino e limitrofa a una vasta zona industriale/artigianale, è emerso un eccesso per «altre malattie del polmone» nei due sessi (n. 14; BMR= 151,1);

■ nell'area E4, attraversata dalla via Pistoiese, sono risultati eccessi per «altre malattie del polmone» nei maschi (n. 25; BMR= 144,3) e nei due sessi (n. 38; BMR= 147,1);

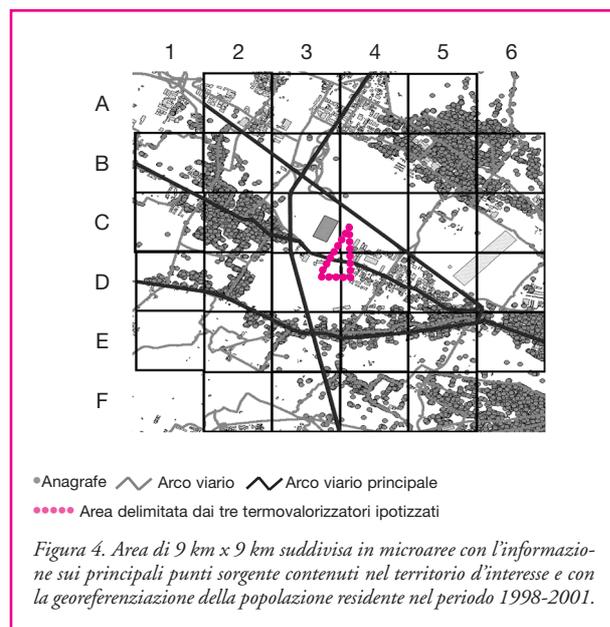
■ nell'area E6, attraversata da un importante snodo viario d'accesso a Firenze (convoglia via Pistoiese, via Lucchese e autostrada A11), sono stati evidenziati eccessi nei due sessi per il tumore al polmone (n. 81; BMR= 129,2) e «altre malattie del polmone» (n. 75; BMR= 131,4).

Come contributo esterno alla VIS è da citare il lavoro di Biggeri e colleghi<sup>15</sup> che, segnalando un incremento di mortalità nel Comune di Campi Bisenzio per linfomi non Hodgkin nei maschi nel periodo 1986-1992, portava all'attenzione il possibile ruolo esercitato negli anni Ottanta dall'inceneritore di San Donnino, localizzato nella porzione Ovest del Comune di Firenze non lontano dal confine con il Comune di Campi Bisenzio (quadrante E3 della figura 4).

### Conclusioni della VIS

La VIS ha previsto un'analisi ambientale ed epidemiologica su un'area vasta finalizzata a valutare gli effetti sul territorio e sulla popolazione di fonti di inquinamento preesistenti (di «contesto»), sulle quali è stato inserito l'effetto previsionale di un inceneritore, valutando tre ipotesi di localizzazione. Tra le tre opzioni quella di Case Passerini è risultata migliore per una minore presenza di popolazione residente e per assenza di eccessi significativi di patologie ragionevolmente correlabili ai livelli attuali di inquinamento ambientale.

Dal punto di vista ambientale le aree circostanti i tre siti pre-



scelti sono risultate ugualmente critiche per presenza di numerose fonti emissive sia lineari sia puntuali. La previsione delle emissioni di un inceneritore ha mostrato scenari di diffusione e ricaduta di inquinanti sia in aree poco abitate, tuttavia interessate da attività commerciali e artigianali, sia in modo più attenuato in una zona densamente abitata e già appesantita dal punto di vista ambientale (l'area Sud attraversata da vie a intenso traffico veicolare).

Lo studio epidemiologico su piccole aree ha evidenziato diversi addensamenti di eventi (soprattutto ricoveri) tra i quali un cluster di casi di malattie respiratorie e tumore del polmone nell'area Sud, plausibilmente associabili con le condizioni ambientali di contesto, e un addensamento di sarcomi dei tessuti molli nell'area Nord, da approfondire. I risultati hanno suggerito la necessità di interventi di riqualificazione del territorio per ottenere miglioramenti ambientali e conseguentemente del profilo di esposizione e di salute della popolazione residente. A tale proposito sono state suggerite tre direttrici generali di riqualificazione mediante interventi di rinaturalizzazione dell'area, di teleriscaldamento e interventi strutturali su viabilità e traffico, da aggiungere alla chiusura della discarica di Case Passerini.

L'impatto della realizzazione di un'area boscata sembra in grado di produrre significativi miglioramenti non solo rispetto a scenari futuri ma anche rispetto alle criticità attuali. Tuttavia, a fronte degli impatti positivi valutabili per macroinquinanti e numerosi microinquinanti, i risultati stimabili per mercurio e cadmio sono più modesti e incerti e gli effetti sulle diossine non sono valutabili a causa di assenza di dati in letteratura. L'impatto del teleriscaldamento è risultato alquanto ridimensionato rispetto alle attese iniziali, fatto salvo un utilizzo non valutabile dovuto a nuove previsioni urbanistiche.

In corso d'opera è comparsa la difficoltà di ottenere un quadro complessivo degli ulteriori interventi previsti sulla stessa area. Tali dati sono stati dichiarati necessari per procedere a stime quantitative previsionali di *risk assessment* relative al periodo di riferimento del Piano. Nulla è stato possibile valutare riguardo a eventuali interventi su viabilità e traffico.

#### *Il dopo VIS*

I risultati della VIS sono stati consegnati nel gennaio 2005 e presentati nei mesi successivi in riunioni con i soggetti interessati e assemblee pubbliche. In seguito è iniziata una complessa fase di confronto tra l'Amministrazione provinciale di Firenze e i Comuni di Campi Bisenzio, Sesto Fiorentino e Firenze, in una cornice di acceso e partecipato dibattito tra posizioni diverse nei confronti del Piano e dell'inceneritore da parte di partiti politici, associazioni, comitati di categoria e di cittadini.

Il 2 agosto 2005 le quattro amministrazioni pubbliche hanno firmato un protocollo d'intesa per il miglioramento ambientale dell'area di localizzazione dell'inceneritore, che prevede:

- una pianificazione territoriale condivisa e concertata per incidere sulle funzioni generatrici di traffico;
- la realizzazione della linea ferroviaria Osmanoro-Campi;

- le opere di rinaturalizzazione (boschi della Piana) da realizzare prima dell'avvio dei lavori e durante la fase di procedura VIA relativa all'impianto medesimo;

- la realizzazione del Parco della Piana e degli interventi di ottimizzazione della viabilità e d'inserimento paesaggistico;

- la demolizione o il recupero dell'ex inceneritore di San Donnino, e l'eventuale bonifica e completa sistemazione a parco dell'area.

L'intesa recita che «la realizzazione dell'impianto potrà essere avviata solo a condizione che gli interventi di miglioramento ambientale siano definiti, finanziati, progettati e realizzati, contestualmente alla progettazione, costruzione e gestione dell'impianto stesso».

In termini economici gli accordi prevedono finanziamenti:

- per interventi di riqualificazione e miglioramento ambientale, pari a 7 milioni di euro da parte della Provincia di Firenze e 7,5 milioni di euro dall'intervento (inceneritore);

- per disagio ambientale a favore dei Comuni di Campi e Sesto, pari a 2,80 milioni di euro/anno (1,65 milioni per la discarica di Case Passerini (anche dopo chiusura), 0,5 milioni dalla gestione dei rifiuti (5,5 euro/ton), 0,65 milioni dal Comune di Firenze).

Sulla localizzazione non si registrava accordo del Comune di Campi Bisenzio, che si dichiarava sostanzialmente critico anche in relazione al quadro complessivo delle possibili localizzazioni di altri inceneritori previsti nell'area (una delle ipotesi di realizzazione dell'impianto di incenerimento della Provincia di Prato lo colloca molto vicino a Case Passerini). Su questo elemento gli estensori della VIS si sono pubblicamente espressi criticamente, in quanto ogni cambiamento sostanziale del quadro di pressione ambientale e sanitaria sull'area determina di fatto l'inutilità della VIS stessa. Tra le modifiche previste dal Piano, prolungato dal 2007 al 2010, si cita l'obiettivo minimo del 50% (valore guida del 55%) di raccolta differenziata (RD) al 2010 (34,72% di RD certificata nel 2004). L'esperienza del percorso di VIS, peraltro non conclusa, ha messo in evidenza alcuni limiti e alcuni elementi positivi che offriamo alla discussione. Tra i limiti citiamo:

- l'avvio tardivo della procedura rispetto al processo decisionale;

- il fatto che il rapporto con i cittadini non sia stato né concordato né condiviso in fase iniziale;

- la mancanza dell'accreditamento a priori delle strutture tecniche, che ha reso difficile dissipare sospetti e creare il necessario rapporto di fiducia;

- la difficoltà di separare il ruolo tecnico da quello politico;

- la mancanza di un organismo unitario di gestione del territorio e di un quadro certo di opere previste per il futuro;

- le strumentalizzazioni o distorsioni dei contenuti tecnici.

Tra gli elementi positivi annoveriamo:

- la generale accettazione di un approccio più ampio, includente valutazioni integrate;

- l'accettazione della necessità di ridiscussione delle decisioni;

- l'assunzione di misure di riqualificazione oltre che di mitigazione di interventi futuri;
- il raggiungimento di una maggiore chiarezza sulle potenzialità delle valutazioni integrate di tipo previsionale;
- una maggiore conoscenza del contesto ambientale e sanitario, anche se il quadro conoscitivo non è completo soprattutto sul versante sociale e della salute dei lavoratori occupati in loco;
- la messa a disposizione dei portatori di interessi di una procedura di analisi ambientale estesa e quindi di valenza ben più ampia di uno studio di VIA, avendo affrontato il tema di tutti i diversi soggetti potenziali generatori di impatti, senza racchiudere l'orizzonte di studio entro le sole valutazioni del singolo progetto;
- l'aver posto al centro della discussione le alternative al progetto, cosa che, nell'ambito di un percorso di VIA di un oggetto già localizzato da un piano provinciale di rifiuti, sarebbe in palese contrasto con la necessaria precondizione per il progetto di risultare coerente con gli atti di programmazione territoriale vigenti;
- una crescita, seppure ancora insufficiente, di trasparenza e di rapporto con i cittadini sulla base di dati e risultati, con una maggiore e più avanzata articolazione del dibattito a livello di comunità.

Gli autori sono inoltre convinti che i decisori sono ora più consapevoli dei rischi per la comunità e dei benefici che potrebbero e dovrebbero essere prodotti.

Il complesso di studi e approfondimenti eseguiti nel contesto della presente VIS, a valle di una scelta che già nel 2001 appariva definitiva da parte dei decisori, ha contribuito a produrre un ampio dibattito e anche mutamenti di orientamento da parte di diversi soggetti attivi. I risultati sono stati utilizzati in vario modo e in varie direzioni da parte sia delle amministrazioni sia dei comitati e questo richiama a un maggiore sforzo in tema di comunicazione e partecipazione. Attualmente la Regione Toscana ha ripreso un ruolo di indirizzo sulla realizzazione/localizzazione di inceneritori e più in generale sul ciclo dei rifiuti, sul cui esito si ritiene che le valutazioni integrate su ambiente e salute dovrebbero avere un maggior peso.

**Conflitti di interesse:** nessuno

**Note.** La fase descrittiva iniziale (screening di dati sanitari sui base comunale) è stata realizzata avvalendosi di un parziale contributo (15.000 euro) del committente (Provincia di Firenze); le fasi successive di definizione delle aree geografiche da indagare, di analisi spaziale per piccole aree e di stesura dei rapporti dei risultati e delle raccomandazioni è stata effettuata con finanziamenti istituzionali dell'Agenda regionale di sanità della Toscana-Osservatorio di epidemiologia. Le analisi ambientali, a cura di ricercatori del Dipartimento di energetica dell'Università di Firenze e del Centro sistemi complessi dell'Università di Siena, sono state effettuate nella fase descrittiva iniziale con un finanziamento del committente (Provincia di Firenze); le fasi analitiche successive, basate su modelli diffusionali e di ricaduta su aree geografiche definite

e su scenari diversi, sono state realizzate grazie a un finanziamento di progetto della UE della filiera Life-Ambiente (progetto CE LIFE 02 ENV/IT/000018 VIS, «La metodologia di impatto sanitario come strumento di pianificazione territoriale integrata»).

**Ringraziamenti.** Si ringraziano gli enti che hanno collaborato allo svolgimento dello studio fornendo dati e materiali, in particolare: Amministrazione provinciale di Firenze, Settore ambiente; Agenzia regionale per la protezione ambientale Toscana (ARPAT); Ambito territoriale ottimale rifiuti di Firenze (ATO 6); Quadrifoglio spa; Azienda sanitaria locale 10 «area fiorentina»; Anagrafe comunale e CED dei Comuni di Firenze, Campi Bisenzio e Sesto Fiorentino; Area sistema informativo territoriale e cartografia della Regione Toscana.

## Bibliografia

1. Health Canada. EA within a Canadian context. In: *Canadian handbook on health impact assessment*. Health Canada, Ottawa, 1999. Disponibile all'indirizzo internet: [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-smmt/pubs/eval/handbook-guide/vol\\_1/chap\\_4\\_e.html](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-smmt/pubs/eval/handbook-guide/vol_1/chap_4_e.html)
2. Scott-Samuel A, Birley M, Arden K. *The Merseyside Guidelines for health impact assessment*. Second edition. International Health Impact Assessment Consortium, Liverpool, 2001.
3. Landstingsförbundet. Examples of how to start up and implement Health Impact Assessments (HIA). Stockholm County Council, Southwestern Health District. Disponibile all'indirizzo internet: [www.fhi.se/upload/PDF/2004/rapporter/r200441healthimpactassessment.pdf](http://www.fhi.se/upload/PDF/2004/rapporter/r200441healthimpactassessment.pdf)
4. Fehr R. Environmental health impact assessment: evaluation of a ten-step model. *Epidemiology* 1999, 10(5): 618-625.
5. Tasmania Department of Health & Human Services (Australia). *Health impact assessment*. Disponibile all'indirizzo internet: <http://www.dhhs.tas.gov.au/agency/pro/healthimpact/index.php>
6. Kjellstrom T, Hill S. *New Zealand Evidence for Health Impacts of Transport. A background paper prepared for the Public Health Advisory Committee*. New Zealand National Advisory Committee on Health and Disability.
7. Krieger N, Northridge M, Gruskin S et al. HIA «promise and pitfalls» conference group. Assessing health impact assessment: multidisciplinary and international perspectives. *J Epidemiol Community Health* 2003; 57(9): 659-662.
8. Direttiva 42/2001/CE del Parlamento e del Consiglio europeo del 27.06.2001, concernente la valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente. Disponibile all'indirizzo internet: [http://europa.eu.int/eur-lex/pri/it/oj/dat/2001/l\\_197/l\\_19720010721it00300037.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/pri/it/oj/dat/2001/l_197/l_19720010721it00300037.pdf)
9. Partidario MR, Clark R. *Perspectives on SEA*. Lewis Publishers, USA, 2000.
10. Corti A, Lombardi L, Carpentieri M et al. (a cura di). Valutazione di impatto sanitario del piano di gestione dei rifiuti urbani della provincia di Firenze. Quaderno di ingegneria ambientale n. 41, periodico della rivista *Ingegneria ambientale*, anno XXXIV. CIPA Editore, Milano (in corso di stampa).
11. Franchini M, Rial M, Buiatti E, Bianchi F. Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies. *Ann Ist Super Sanita* 2004; 40(1): 101-115.
12. Corti A, Lombardi L, Buiatti E, Bianchi F. *Valutazione di impatto sanitario del Piano di gestione dei rifiuti urbani della Provincia di Firenze - Fase di screening*. RS Rifiuti Solidi vol. XVIII, n. 2 marzo-aprile 2004; CIPAS, Milano.
13. Besag J, York JC, Mollié A. Bayesian image restoration, with two applications in spatial statistics. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics* 1991; 43(1): 1-59.
14. Kullback M. A spatial scan statistics. *Communications in Statistics. Theory and Methods* 1997; 26: 1481-1496.
15. Biggeri A, Catelan D. Mortality for non-Hodgkin lymphoma and soft-tissue sarcoma and residence where an urban waste incinerator was located. Campi Bisenzio (Toscana, Italia) 1981-2001. *Epidemiol Prev* 2005; 29(3-4): 156-159.