

## **PARTE 2: STUDIO SANITARIO**

***RINGRAZIAMENTI:***

*Si ringraziano, per avere fornito gli archivi nei formati richiesti, le Anagrafi Comunali e i C.E.D. dei Comuni di Firenze, Campi Bisenzio e Sesto Fiorentino. Si ringrazia inoltre, per la collaborazione in fase di standardizzazione degli archivi anagrafici ai fini della georeferenziazione, l'Area Sistema Informativo Territoriale e Cartografia della Regione Toscana.*

## **PREMESSA**

Nell'ambito della presente VIS l'obiettivo della componente epidemiologica è quello di descrivere lo stato di salute della popolazione residente nell'area di interesse al momento dello studio, non rientrando negli scopi dell'analisi la ricerca di spiegazioni di eventuali eccessi di rischio individuati; tale obiettivo, infatti, non può essere affrontato efficacemente con il disegno di studio epidemiologico proposto, basato sull'analisi descrittiva di dati sanitari correnti.

Una prima valutazione generale dello stato di salute della popolazione residente nei comuni situati intorno alla ipotetica localizzazione dell'impianto (comuni di Sesto Fiorentino, Campi Bisenzio ed ex quartiere 6 del Comune di Firenze) è stata condotta nella prima parte dello studio<sup>1</sup>

La seconda fase della VIS è caratterizzata da due componenti:

- a) una componente ambientale tesa alla definizione della portata potenziale di un impianto con caratteristiche definite, in un ambito territoriale oggetto di caratterizzazione ambientale;
- b) una componente epidemiologica finalizzata alla definizione dettagliata dello stato di salute nell'area circostante il sito di ipotetica localizzazione, quale base per consentire valutazioni preventive di impatto sulla salute.

Pertanto lo studio epidemiologico ha lo scopo generale di descrivere ed esplorare, in maggior dettaglio, specifiche patologie potenzialmente correlate a fattori di inquinamento ambientale riferibili ad un impianto di incenerimento di rifiuti, in una popolazione residente in un'area geografica definita sulla base della distanza dal sito di localizzazione. In particolare ha l'obiettivo di identificare eventuali eccessi di rischio e addensamenti di eventi.

---

<sup>1</sup> Valutazione di Impatto Sanitario del Piano provinciale di gestione dei rifiuti urbani ed assimilati ATO N.6 – Fase di screening – I°: in Documenti dell'Agenzia Regionale di Sanità della Toscana – Osservatorio di Epidemiologia, 2003

## MATERIALI E METODI

### ANALISI EPIDEMIOLOGICA

La popolazione oggetto dello studio viene identificata a partire dagli archivi forniti dalle anagrafi comunali dei tre comuni in esame (Sesto Fiorentino, Campi Bisenzio e Firenze) nei quali sono riportati i dati anagrafici della popolazione residente integrati dai movimenti in uscita ed in entrata<sup>2</sup> dal comune (per nascita, morte o migrazione) registrati a partire dal 01/01/1996.

Il presente studio non ha considerato la popolazione non residente ma che lavora nelle aree in esame (e che quindi vi staziona per molte ore al giorno), per la quale non era possibile valutare la numerosità né le condizioni di salute a partire da dati correnti ma che, tuttavia, costituisce un gruppo di potenziali esposti da tenere in debita considerazione in eventuali futuri approfondimenti.

Gli archivi anagrafici sopra descritti sono stati georeferenziati tramite procedura di record linkage con le carte vettoriali degli indirizzi (via e numero civico), in questo modo ogni soggetto è collocato sul territorio sulla base di coordinate geografiche in grado di individuare l'edificio di residenza. Poiché il linkage tra i due archivi avviene per mezzo delle informazioni memorizzate nelle variabili "via" e/o "piazza" e "numero civico", per una quota di soggetti, a causa di errori in fase di registrazione (abbreviazioni, numeri civici barrati, numeri civici interni, ecc.), non è stato possibile associare l'indirizzo di residenza alle relative coordinate vettoriali. Tale quota è risultata molto modesta, di poco superiore all' 1% nell'insieme dei tre comuni, come mostrano i dati riportati in tabella 1.

**TABELLA 1**

**Risultati della procedure di record linkage tra gli archivi anagrafici e l'archivio delle coordinate vettoriali**

| Comuni di residenza | Residenti al<br>31/12/2001 e deceduti<br>ed emigrati dal 1996 | Records non<br>georeferenziati |             |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------|
|                     |                                                               | Numero<br>assoluto             | Percentuale |
| Campi Bisenzio      | 47.448                                                        | 470                            | 0,9%        |
| Firenze             | 457.755                                                       | 5.587                          | 1,2%        |
| Sesto Fiorentino    | 56.690                                                        | 842                            | 1,5%        |

<sup>2</sup> La gestione anagrafica dei movimenti in entrata e in uscita non prevede la storicizzazione di eventuali cambiamenti di indirizzi di residenza all'interno dello stesso Comune

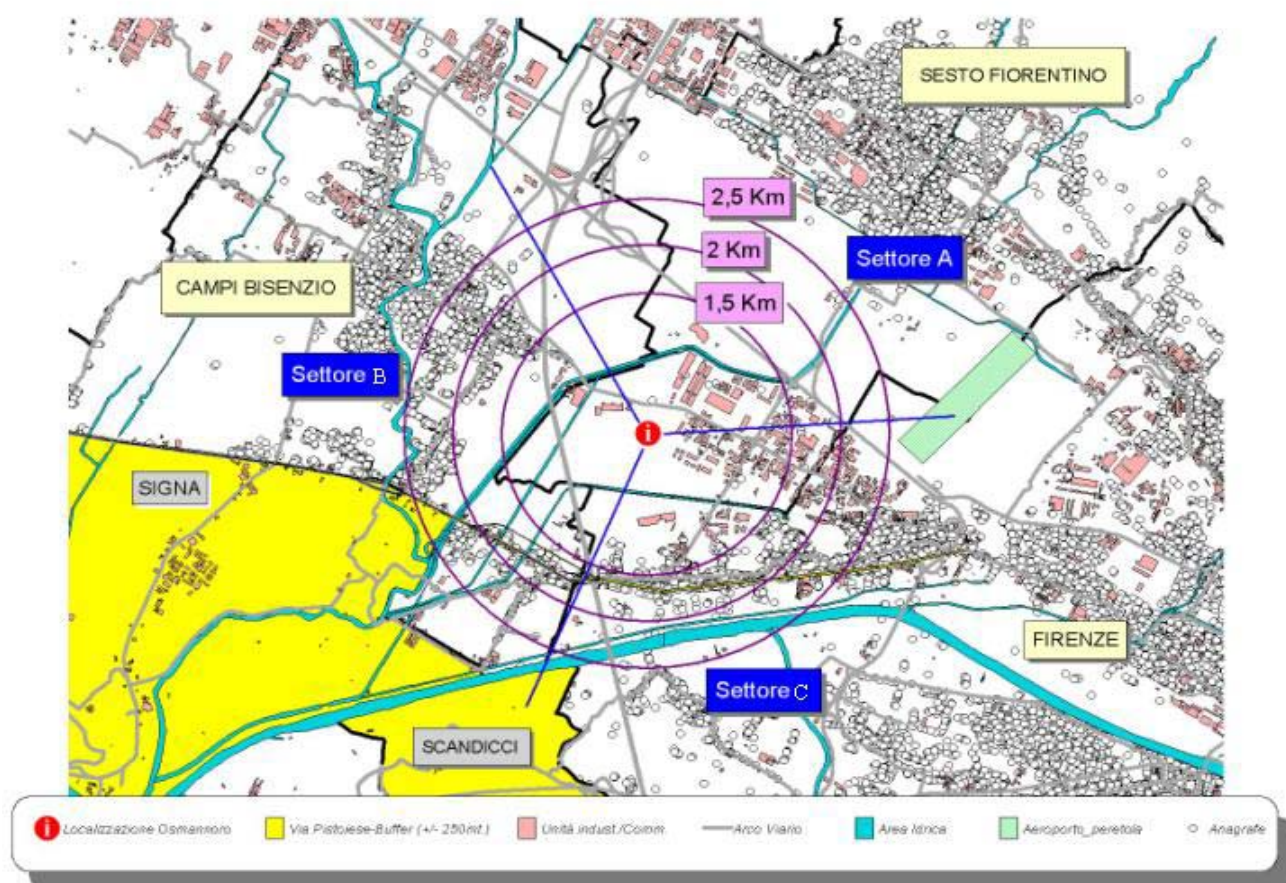
|                    |                |              |             |
|--------------------|----------------|--------------|-------------|
| <b>Totale Area</b> | <b>561.893</b> | <b>6.899</b> | <b>1,2%</b> |
|--------------------|----------------|--------------|-------------|

Si è quindi proceduto a restringere l'area di interesse, passando da una zona definita dai confini amministrativi dei tre comuni (oggetto della fase di screening) ad un'area opportunamente individuata intorno al punto in cui è prevista la localizzazione dell'impianto di termovalorizzazione, definito come "punto sorgente". A tale scopo sono state individuate attorno al punto sorgente tre corone circolari (figura 1) rispettivamente di raggio 1.5, 2, 2.5 chilometri, suddivise a loro volta in tre settori (indicati come settori A, B, C) definiti sulla base dei confini territoriali dei comuni e della distribuzione degli abitanti.

Considerando inoltre che nell'area d'interesse è collocata una direttrice di traffico urbano particolarmente intenso (via Pistoiese), è stata definita un'ulteriore area di indagine di 250 metri intorno a entrambi i lati di tale direttrice.

**FIGURA 1**

**Aree circolari e settori radiali di interesse costruiti intorno all'impianto di termovalorizzazione.**



Come si evince dalla tabella 2, nelle aree considerate si rileva un'elevata concentrazione di soggetti di cittadinanza e/o nascita cinese che variabile a seconda delle aree e/o dei settori considerati e corrispondente al 5,2% dell'intera popolazione nel totale dell'area considerata. Da precedenti analisi effettuate su questo gruppo etnico è emerso che, a parità di età, essi fanno ricorso in modo significativamente inferiore alle strutture sanitarie rispetto alla popolazione generale. In considerazione di questo fenomeno e del fatto che all'interno delle aree considerate la concentrazione di cittadini cinesi è molto variabile, si è preferito procedere nelle analisi escludendo tale etnia al fine di ridurre i possibili fattori di confondimento.

**TABELLA 2**

**Residenti nelle aree di interesse e distribuzione percentuale dei soggetti di cittadinanza e/o nascita cinese (popolazione al 31/12/2001).**

| Aree costruite intorno al baricentro del<br>termovalorizzatore | Popolazione Totale | Percentuale di<br>cittadini cinesi |
|----------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| <b>Corone circolari</b>                                        |                    |                                    |
| <b>0 – 1,5 Km.</b>                                             | 1.067              | 9,6                                |
| <b>1,5 – 2,0 Km.</b>                                           | 14.650             | 4,9                                |
| <b>2,0 – 2,5 Km.</b>                                           | 12.027             | 3,4                                |
| <b>Totale area</b>                                             | 27.744             | 5,2                                |
| <b>Settori</b>                                                 |                    |                                    |
| <b>A</b>                                                       | 89                 | 20,2                               |
| <b>B</b>                                                       | 14.629             | 3,2                                |
| <b>C</b>                                                       | 13.026             | 7,3                                |
| <b>Area intorno a via Pistoiese</b>                            |                    |                                    |
| <b>+/- 250 m.</b>                                              | 16.903             | 6,1                                |

Utilizzando la revisione della letteratura prodotta nella precedente fase di screening, sono state identificate le patologie per le quali è riferita almeno una evidenza bibliografica di correlazione significativa con fattori di inquinamento ambientale<sup>3</sup>.

Per tali patologie, elencate in tabella 3, viene valutata l'eventuale presenza di eccessi di rischio nella popolazione. Pertanto, per ogni singola patologia, sono stati calcolati rapporti tra casi osservati e casi attesi per ciascun sesso e per il totale.

<sup>3</sup> Vedi nota 1

**TABELLA 3**

**Patologie per le quali in letteratura vi è almeno una evidenza di correlazione significativa con fattori di inquinamento ambientale e relativo codice ICD9.**

| <b>Descrizione patologia</b>       | <b>Codice ICD9</b> |
|------------------------------------|--------------------|
| Tumore del polmone                 | 162                |
| Sarcoma dei tessuti molli          | 171                |
| Tumore dello stomaco               | 151                |
| Linfoma non Hodgkin                | 200, 202           |
| Tumore del Colon retto             | 153 - 154          |
| Tumore della vescica               | 188                |
| Difetti congeniti                  | 740 - 759          |
| Brochite enfisema e asma           | 490 - 493          |
| Pneumoconiosi da silice e silicati | 502                |
| Altre malattie del polmone         | 518                |
| Cause perinatali                   | 760-779            |
| Mielomi e Leucemie (0-14 anni)     | 203-208            |
| Tumore osseo (0-14 anni)           | 170                |
| Asma (0-14 anni)                   | 493                |

In particolare, per ognuna delle patologie considerate, sono identificati come “casi osservati” quei soggetti che, tra gli anni 1998-2001, hanno avuto almeno un ricovero per la causa in esame e/o sono deceduti per quella specifica patologia, e che al momento dell’evento sono risultati residenti in uno dei comuni in esame. Per effettuare questa verifica si è confrontata la data del primo evento (data di primo ricovero per la patologia in esame o data di morte) con la data di ingresso e l’eventuale data di uscita dall’anagrafe comunale. Tale indicatore può essere considerato come una stima del “carico di malattia” prevalente nel periodo.

L’unico identificativo univoco che permette l’incrocio degli archivi sanitari utilizzati, (schede di dimissione ospedaliera e registro regionale di mortalità) è il codice fiscale dell’utente che nei due archivi risulta compilato in maniera formalmente corretta<sup>4</sup>, rispettivamente nel 99% e nel 95% della casistica. Complessivamente l’1,6% dei record (557 su un totale di 34.745) vengono esclusi dall’archivio degli eventi a causa di errori od omissioni nella compilazione del codice fiscale.

<sup>4</sup> Per codice fiscale formalmente corretto si intende un codice di sedici elementi nel quale sia corretta la disposizione dei caratteri alfabetici e numerici.

A partire dai codici delle patologie considerate, con il metodo sopra descritto, si identificano 17.721 “casi osservati”, ovvero soggetti che, nei quattro anni considerati, hanno avuto un ricovero o sono deceduti per una delle patologie in esame e che, al momento del ricovero o del decesso, risiedevano in uno dei tre comuni oggetto dello studio.

Allo scopo di conteggiare i “casi” all’interno delle aree definite “di interesse” si è passati alla loro georeferenziazione attraverso procedure di record linkage tra l’archivio dei “casi osservati” e quello anagrafico al quale, come sopra descritto, erano state assegnate le coordinate vettoriali utilizzando il codice fiscale. In questo modo sono stati georeferenziati l’84% dei 17.721 casi precedentemente individuati come “casi”. I motivi per cui i codici fiscali di circa 2.800 casi non trovano un loro corrispettivo negli archivi anagrafici possono essere vari: errori di compilazione del codice fiscale a livello anagrafico o di flussi sanitari (doppi nomi, data di nascita, ecc.) o errato comune di residenza rilevato negli archivi sanitari.

I conteggi dei casi osservati e della popolazione residente all’interno delle aree e dei settori costruiti intorno all’ipotetico punto sorgente sono stati effettuati utilizzando il modulo Spatial Analyst del software ArcView.

Per ogni singola patologia i casi attesi sono calcolati moltiplicando i tassi specifici (per età e sesso) relativi alla popolazione dell’intera provincia di Firenze<sup>5</sup> per la popolazione sesso ed età specifica delle aree oggetto dello studio. La popolazione delle aree di interesse, alla quale vengono applicati i tassi specifici provinciali, è la popolazione media del periodo 1998-2001 (riportata in appendice). I rapporti standardizzati così costruiti (casi osservati/casi attesi), moltiplicati per 100, indicano eccessi di rischio (nel caso che i rapporti siano superiori a 100) o difetti di rischio (nel caso che i rapporti siano inferiori a 100) rilevabili nelle aree in esame rispetto a quanto ci si attende sulla base dei livelli medi di periodo dell’ospedalizzazione e della mortalità nella provincia di Firenze.

La significatività statistica degli eccessi di quanto osservato rispetto all’atteso è valutata mediante test  $\chi^2$  con probabilità di errore di primo tipo pari al 5% (interpretabile come 5% di incertezza nella stima). Da rilevare che i rapporti standardizzati così costruiti possono essere soggetti ad una sottostima dovuta alla quota di casi esclusi nell’operazione di georeferenziazione, che va a pesare sul numeratore del rapporto mentre nessuna esclusione viene effettuata per il denominatore; in considerazione di questo

---

<sup>5</sup> Il numeratore dei tassi specifici provinciali è ottenuto a partire dagli archivi di ospedalizzazione e di mortalità selezionando i records relativi a soggetti con comune di residenza compreso nella provincia di Firenze, il denominatore è costituito dalla popolazione provinciale media, di fonte ISTAT, nel periodo 1998-2001.

vengono presentati e commentati anche eccessi di rischio rilevati con un livello di probabilità di errore di primo tipo del 10%.<sup>6</sup>

Infine una ulteriore analisi è stata effettuata al fine di individuare la presenza di cluster significativi all'interno dell'area compresa nel cerchio di raggio tre chilometri costruito intorno all'ipotetico “punto sorgente”. Per valutare la tendenza all'aggregazione dei casi in cluster è stato utilizzato il metodo caso-controllo di Cuzick-Edwards (JRSS-B 1990), ad ogni caso (soggetti affetti dalle patologie selezionate) sono stati associati quattro controlli in grado di soddisfare i seguenti criteri:

- essere residenti nell'area alla data in cui veniva selezionato il caso (data di ospedalizzazione o morte);
- stesso sesso;
- stessa classe quinquennale di età, calcolata per i casi a partire dalla data di primo evento evento (ospedalizzazione o morte).

Per quanto riguarda le patologie, in questo tipo di analisi, sono state considerate: le “Altre malattie polmonari”, le “Malformazioni congenite”, l'Asma in età pediatrica il Tumore del polmone e il Tumore del colon-retto.

Per identificare la presenza di cluster (posizione) è stato utilizzato il metodo proposto da Kulldorff per lo scan spaziale (SATSCAN, Kulldorff M. and Information Management Services, Inc. SaTScan v. 3.0: Software for the spatial and space-time scan statistics. Bethesda, MD: National Cancer Institute, 2002.).

---

<sup>6</sup> Lo scopo descrittivo-esplorativo di questa fase di studio ha orientato ad assumere un approccio statistico altamente protettivo ai fini della capacità di evidenziare veri eccessi di rischio. L'innalzamento della soglia di probabilità per la definizione della significatività statistica (10% rispetto al tradizionale 5%), unitamente alla non considerazione del gran numero di test statistici (non indipendenti) eseguiti, conferiscono all'approccio analitico scelto una elevata protezione nei confronti della possibilità di non evidenziare segnali di eccesso (ridotto numero di test statistici falsamente negativi → elevata sensibilità del sistema) a scapito della consapevole accettazione di una maggiore probabilità teorica di produrre test statistici falsamente positivi (ridotta specificità del sistema).

## UTILIZZO DELLE ANALISI AMBIENTALI PER LA PROCEDURA VIS

Le valutazioni ambientali, effettuate attraverso simulazioni sulla base di dati esistenti, sono state considerate come indicative per le valutazioni sulla salute della popolazione residente in quanto:

- (a) i risultati delle analisi effettuate per la definizione dell'area di interesse ambientale su cui fare le simulazioni di impatto sono stati utilizzati per definire l'area di interesse per le valutazioni sulla salute;
- (b) i risultati delle simulazioni sugli effetti prevedibili del termovalorizzatore ipotizzato e delle sorgenti esistenti (lineari, puntiformi e discarica di Case Passerini) sono stati considerati per la contestualizzazione dei risultati conseguiti dall'analisi dei parametri di salute.

Per porre in relazione e contestualizzare i dati sanitari con i risultati delle valutazioni ambientali, per ciascun inquinante sono stati presi in considerazione, quando esistenti, dati conoscitivi generali su:

- a) livelli di fondo;
- b) livelli in ambiente urbano, rurale, industriale;
- c) livelli efficaci sulla salute;
- d) linee guida per la protezione dei danni sanitari.

Inoltre, sono stati considerati, a titolo di riferimento di grandezza, i valori limite stabiliti dalle normative internazionali, nazionali e/o regionali vigenti, sia per la protezione della salute che degli ecosistemi (più restrittive), facendo riferimento ai valori limite più bassi da raggiungere negli anni a venire.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Siti web ufficiali di WHO-World Health Organization ([www.who.int](http://www.who.int)), IARC-International Agency Research on Cancer ([www.iarc.fr](http://www.iarc.fr)), EPA-Environmental Protection Agency ([www.epa.gov](http://www.epa.gov)), ISS-Istituto Superiore di Sanità ([www.iss.it](http://www.iss.it)), Linee guida "Air Quality Guideline for Europe, WHO 1989".

## RISULTATI DELL'ANALISI EPIDEMIOLOGICA

### A. DEFINIZIONE DELL'AREA PER L'ANALISI DEI PARAMETRI DI SALUTE

I risultati delle analisi ambientali per la definizione delle aree a massimo carico medio, effettuati su scala larga (20km x 20km) non hanno dato risultati utili per la definizione dell'area (paragrafo 3.2.2 relazione ambientale), in quanto i valori stimati delle concentrazioni medie annuali e delle deposizioni annuali sono risultati molto bassi rispetto ai valori potenzialmente efficaci per il danno alla salute umana ed anche agli ecosistemi (inferiori di almeno 2 ma per molti parametri anche di 3 o più ordini di grandezza).

La definizione dell'area a massima ricaduta di picco, effettuata analizzando la frequenza di accadimento annuale di picchi orari di concentrazione di NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> e Pb (per i quali si sono stabiliti valori di riferimento bassi in modo da essere “sensibili” nell'analisi), ha invece offerto alcuni risultati utili (paragrafo 3.2.3 relazione ambientale). In particolare la scelta di una corona di raggio pari a 2,5 Km dal punto sorgente è stata ritenuta adeguata sulla base delle seguenti considerazioni:

- (a) i superamenti di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>x</sub> e 0,5 µg/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub> sono prevedibili per 88-176 ore/anno (2° percentile) entro 1,5 Km dal punto sorgente, superamenti di 0,05 di Pb per 88-176 ore/anno (2° percentile) entro 1,0 Km dal punto sorgente;
- (b) la forma del modello di ricaduta è risultata prevalentemente spostata verso sud rispetto al “punto sorgente”;
- (c) la previsione sullo scenario di larga scala (20km x 20km) ha prodotto stime previsionali di ricadute molto basse, la scelta di una corona circolare di raggio 2,5 Km dal punto sorgente è stata ritenuta adeguata allo scopo.

E' rilevante evidenziare che la scelta di tale area consente di considerare la presenza di altre fonti di inquinamento d'interesse (principali vie di traffico, una sorgente puntuale principale localizzata a sud est entro 1 km dal “punto sorgente”, la discarica di Case Passerini localizzata a distanza di 1246 metri nord-est del sito).

## B. USO DEI RISULTATI DELLA SIMULAZIONE SUGLI EFFETTI PREVEDIBILI DEL TERMOVALORIZZATORE PER LA CONTESTUALIZZAZIONE E VALUTAZIONE DEI RISULTATI CONSEGUITI DALL'ANALISI DEI FLUSSI INFORMATIVI SANITARI.

Per consentire di utilizzare i dati ambientali come riferimento nelle valutazioni sanitarie si presenta un sommario delle conoscenze disponibili in materia (tabella B1), relative ai valori minimi di riferimento (anche di tendenza) stabiliti dalle normative vigenti (se esistenti), a informazioni generali attinenti le concentrazioni di fondo e in diversi ambienti, ai livelli ritenuti efficaci per il danno alla salute umana e a linee guida per la protezione da danni sanitari, quando esistenti.

**TABELLA B1**

**Sintesi di dati e conoscenze su valori soglia di legge, concentrazioni in ambienti diversi, livelli di efficacia sulla salute e linee guida per la protezione da danni sanitari.**

| Inquinante                  | Valori minimi dei riferimenti normativi sulle concentrazioni                                                                                                                                                                                            | Dati conoscitivi generali su fondo, ambiente rurale, urbano, industriale                                                                                                                                                                                   | Dati conoscitivi generali su livelli efficaci sulla salute                                                                                             | Linee guida per la protezione da danni sanitari                   | Note                                                                                              |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SO<sub>2</sub></b>       | 125 µg/m <sup>3</sup> valore lim. come media sulle 24 ore per protezione salute umana (da 1/1/05)<br>20 µg/m <sup>3</sup> valore lim. Medio/anno civile e sull'inverno per protezione ecosistemi (dal 19/07/01)                                         | Conc.di fondo: <5 µg/m <sup>3</sup><br><i>Conc. media annuale in aree rurali in Europa: 5-25 µg/m<sup>3</sup></i>                                                                                                                                          | Dati di impatto sulla salute > 80 µg/m <sup>3</sup> (conc. in atmosfera)<br><br>Soglia efficace per esposizioni a lungo termine: 100 µg/m <sup>3</sup> | 50 µg/m <sup>3</sup>                                              | Da considerare gli effetti combinati con altri inquinanti, specie col particolato                 |
| <b>NO<sub>x</sub></b>       | 40 µg/m <sup>3</sup> valore limite come media sulle 24 ore per la protezione sulla salute umana (dal 2010, D.M. 25/11/94)<br>30 µg/m <sup>3</sup> valore limite medio sull'anno civile e sull'inverno per la protezione degli ecosistemi (dal 19/07/01) | Conc.di fondo: <0,4-9,4 µg/m <sup>3</sup><br>Conc. media annuale in aree urbane: 20-90 µg/m <sup>3</sup><br><i>Conc.di fondo in zone rurali in Italia 23-41 µg/m<sup>3</sup></i><br><i>Conc.di fondo in zone urbane in Italia: 50-185 µg/m<sup>3</sup></i> | Soglia efficace per esposizioni a lungo termine: 150 µg/m <sup>3</sup> sulle 24 ore                                                                    | Non esistente (potremmo assumere valori minimi di fondo misurati) | <i>Effetti acuti (es. asma) e cronici (es. enfisema)</i>                                          |
| <b>PTS, PM<sub>10</sub></b> | PTS: 150 µg/m <sup>3</sup> livello di attenzione (D.M. 25/11/94)<br>50 µg/m <sup>3</sup> valore lim. come media sulle 24 ore per protezione salute umana (da 1/1/05)<br>40 µg/m <sup>3</sup> media annuale                                              | <i>Conc.di fondo in zone rurali in Italia: 25-29 µg/m<sup>3</sup></i><br><i>Conc.di fondo in zone urbane: in Europa 15-75 µg/m<sup>3</sup>; in Italia 25-69 µg/m<sup>3</sup></i>                                                                           | <i>Relazione dose-risposta senza apparente livello soglia</i>                                                                                          | Non esistente (potremmo assumere valori minimi di fondo misurati) | <i>Effetti acuti-cronici non carcinogeni (es. morbosità-mortalità cardio-polmonare) e cronici</i> |

|                                                                                  |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                  | al 2005 (D.M.n.60 02/04/02)<br>PM <sub>10</sub> : 40 µg/m <sup>3</sup> media annuale al 2005 e 20 µg/m <sup>3</sup> media annuale al 2010 (D.M.n.60 02/04/02)              |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                       | carcinogeni (es. mortalità per cancro polmonare)                                                                                                                     |
| <b>Mercurio (I)</b><br><i>segue →</i><br><b>IARC 2B</b><br>(cancerog. possibile) | 50 ng/m <sup>3</sup> conc, annuale (proposta di direttiva Europea 2003/0164 del 16/07/2003)<br><br>Conc. nei suoli 1 mg/Kg (DM 471/99)                                     | Conc.media annuale in atmosfera in aree:<br>- remote <6 ng/m <sup>3</sup><br>- urbane: <5 ng/m <sup>3</sup><br>- industriali: 0,5-20 ng/m <sup>3</sup>                                                                            | Conoscenze insufficienti su conseguenze di deposizione: difficile stabilire livelli protezione -> valore medio annuale di rifer. < 1µg/m <sup>3</sup> | Stabilite sulla base dell'esposiz. a vapori di Hg: < 1 µg/m <sup>3</sup> / 50 ng/m <sup>3</sup> conc. annua med.(prop. di Dir. Eur.0164 del16/07/2003 | Effetti sanitari diversi secondo la forma chimica <b>(a)</b>                                                                                                         |
| <b>Cadmio (Cd)</b><br><br><b>IARC 1</b><br>(cancerog. certo)                     | 5 ng/m <sup>3</sup> conc, annuale media (proposta di Direttiva Europea 2003/0164 del 16/07/2003)<br><br>Concentrazione nei suoli 2 mg/Kg (DM 471/99)                       | Conc.media annuale in atmosfera in aree:<br>- rurali 1-5 ng/m <sup>3</sup><br>- urbane: 5-15 ng/m <sup>3</sup><br>- industriali: 15-50 ng/m <sup>3</sup>                                                                          | 0,2 µg/m <sup>3</sup> conc. media/die per effetti renali (applicando un fattore 10 a risultati studi sperimentali) <b>(b)</b>                         | Lineeguida basate su effetti non carcinogeni:<br>- rurali <5 ng/m <sup>3</sup><br>- urbane e industriali: < 20 ng/m <sup>3</sup>                      | Organo bersaglio principale: rene.<br>Lungo tempo di dimezz.(19 aa).<br>Vie di esposiz.e contribuito: tabacco (signif) acqua (basso) cibo (moderato) <b>(c)</b>      |
| <b>Piombo (Pb)</b><br><br><b>IARC 2B</b><br>(cancerog. possibile)                | 0,5 µg/m <sup>3</sup> valore lim. come media annuale per protezione salute umana da 1/1/05 (D.M.n.60 02/04/02)<br><br>Concentrazione nei suoli 100 mg/Kg (DM 471/99)       | 80-90% in atm.da combustione petrolio e derivati. Conc.di fondo in aree:<br>rurali: < 0,3µg/m <sup>3</sup><br>urbane: <0,5 µg/m <sup>3</sup><br>urbane con alto traffico: < 3µg/m <sup>3</sup><br>Rapporto tra out/indoor=0,6-0,8 | Soglia inferiore a cui sono stati osservati effetti 0,1 µg/ml → < 3 µg/m <sup>3</sup> sulla base di modelli lineari e non.                            | Raccomad. 0,5—1,0 µg/m <sup>3</sup> conc. media annuale, ottenuto applicando un fattore di protezione=2                                               | Effetti principali: biosintesi sangue, sistema nervoso, pressione arteriosa. Assorbimento via particelle (<µ)-> 30-50% nei polmoni; via cibo ->100 µg/die <b>(d)</b> |
| <b>IPA</b><br>(alcune centinaia, BaP (5-15% dei IPA)<br><i>Il segue →</i>        | Benzo(a)Pirene: limite per la qualità dell'aria relativo agli IPA, secondo il D.M. 25/11/94, è fissato in 1 ng/m <sup>3</sup> , espresso in equivalenti di Benzo(a)Pirene. | Fondo nat. < 1 ng/m <sup>3</sup><br>Conc.in aree urbane anni '60: 1-100 ng/m <sup>3</sup><br>anni '80: 1-10 ng/m <sup>3</sup>                                                                                                     | Rischio morte x tum. vie resp.: 0,11-1,4/100.000 esposti per anno a 1 ng/m <sup>3</sup> BaP (EPA)                                                     | 9/100.000 per esposizione a 1 ng/m <sup>3</sup> BaP nel corso della vita                                                                              | No effetti tox. Carcinogenicità pelle, polmone. Rischio fumo di 5 sig./die → 50 volte > inalaz. ambientale                                                           |

→ segue

|                                                                                                         |                                                               |                                                                                                                                   |                                                                                              |                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Benzene</b><br><i>IARC 1</i><br>( <i>cancerog</i><br><i>certo</i> )                                  | 5 µg/m <sup>3</sup> media annuale al 2010 (D.M.n.60 02/04/02) | Conc. di fondo: 3-160 µg/m <sup>3</sup><br>Conc. indoor: < 20 µg/m <sup>3</sup>                                                   | Valutazione effetti sanitari molto complessa: tossicità, genotossicità, cancerogenicità.     | Non conosciuto livello soglia (rischio di leucemia = $4 \cdot 10^{-6}$ per esposiz. a 1 µg/m <sup>3</sup> nel corso di vita)                       | Livello di assorbimento del 50% via inalazione; da considerare le altre fonti (tabacco, solventi, alimenti, acqua..)         |
| <b>Toluene</b><br><i>IARC 3</i><br>( <i>non cancerog.</i><br><i>nell'uomo</i> )                         |                                                               | Conc. di fondo: 0,75 µg/m <sup>3</sup><br>Conc. Ambiente urbano: 0,5-1,3 mg/m <sup>3</sup><br>Conc. indoor: 610 µg/m <sup>3</sup> | Effetti osservati su snc e mucose a esp. brevi ma a livelli elevati (375 mg/m <sup>3</sup> ) | Applicando un fattore di protezione=50 → 7,5 mg/m <sup>3</sup> x 24 ore exp. media, usando soglia olfattiva → 17,5 mg/m <sup>3</sup> x max 30 sec. | Organo/sistema bersaglio → SNC; irritante per occhi, aberrazioni cromosomiche. 40-60% rimane nel corpo umano dopo inalazione |
| <b>Diossine</b><br>( <b>e</b> )<br><b>TCDD</b><br><i>IARC 1</i><br>( <i>cancerog.</i><br><i>certo</i> ) | Conc. nei suoli 10 pg/Kg (DM 471/99 all1, tab1)               | Conc. nei suoli italiani: 0,1-4,3 pg/Kg ( <i>Di Domenico, 1993</i> )                                                              | ( <b>e</b> )                                                                                 | Limite max. nel suolo tollerabile per espos. umana 20 pg/Kg ( <i>WHO, 1991</i> )                                                                   | ( <b>e</b> )                                                                                                                 |

- a) vapori di Hg → sistema nervoso, reni e mucose; Hg inorganico bivalente → effetti cronici (scarse informazioni); metilmercurio → cervello.
- b) 50 anni di esposizione a 2,9 µg/m<sup>3</sup> conc. media/die → 200 mg/Kg conc. nella corteccia renale.
- c) Contributo elevato dell'assunzione via alimentare in donne con deficienza del metabolismo del ferro; Influenza del metabolismo dello zinco nella vita fetale.
- d) Pb assorbito: negli adulti 14-36 µg/die, componente aria 17-67%; nei bambini 30-36 µg/die, componente aria 2-17% (la maggior quota viene dall'alimentazione); da non trascurare il ruolo della polvere (0-76%).
- e) Nell'uso corrente il termine "diossine" indica un gruppo di sostanze chimiche etero-aromatiche polialogenate appartenenti a due famiglie chimiche molto simili identificate come PCDD (N = 75) e PCDF (N = 135).  
Le "diossine" d'interesse tossicologico sono altamente lipofile, praticamente insolubili in acqua, stabili chimicamente e fisicamente, e prevalentemente molto persistenti nell'ambiente e nei sistemi biologici.  
La 2,3,7,8-T4CDD o TCDD, la "diossina" più studiata nella sperimentazione animale, è risultata immunotossica, teratogena, e cancerogena.  
La TCDD è collocata dalla IARC in Classe 1 (cancerogeni umani) (1997), gli sono riconosciuti effetti tossici nei processi riproduttivi e dello sviluppo e di disturbo endocrino.  
Altre 16 "diossine" vengono considerate rilevanti ai fini del rischio tossicologico e ambientale e, sebbene meno pericolose della TCDD, possono avere effetti sinergici.  
La principale via d'esposizione a "diossine" è l'alimentazione (nell'uomo copre più del 95 dell'assunzione giornaliera media). Nei paesi industrializzati, l'esposizione giornaliera media "di fondo" a "diossine" della popolazione generale è stimata intorno a 1 pgTE/kg-bw.  
Il WHO raccomanda un TDI di 1 pgTE/kg-bw come valore "tendenziale" (1998).  
I livelli di fondo corrispondono a livelli di rischio cancerogeno ritenuti "tollerabili", paragonabili a quelli associati all'esposizione ad altri cancerogeni presenti nell'ambiente e negli alimenti. Tuttavia occorre considerare che vi sono settori di popolazione più sensibili all'esposizione (es. lattanti, bambini, donne in gravidanza).

A fini di una lettura semplificata dei risultati ottenuti dalle analisi ambientali con rilevanza o interesse per possibili effetti sulla salute, ed in considerazione dei dati conoscitivi sovra esposti da utilizzarsi a

scopo comparativo ed indicativo, questi vengono di seguito presentati sotto forma di tabelle sintetiche (tabelle B2, B3 e B4).

**TABELLA B2**

**Sintesi dei risultati delle previsioni di ricadute causate dal termovalorizzatore (TV)  
(localizzazione: Osmannoro)**

| <b>Inquinante</b>      | <b>Distribuzione concentrazioni apprezzabili</b>                                                               | <b>Superamenti apprezzabili</b>                                                                                                                     |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SO<sub>2</sub></b>  | < 1 µg/m <sup>3</sup> → < 500 m.<br>< 0,35 µg/m <sup>3</sup> → < 1000 m.                                       | 100 e 50 µg/m <sup>3</sup> → mai superati<br>5 µg/m <sup>3</sup> → poche ore/anno < 100 m.                                                          |
| <b>NO<sub>x</sub></b>  | < 5 µg/m <sup>3</sup> → < 500 m.<br>< 1 µg/m <sup>3</sup> → < 2500 m.                                          | 100 µg/m <sup>3</sup> → trascurabili (< 100 m.)<br>50 µg/m <sup>3</sup> → poche ore/anno < 500 m.<br>20 µg/m <sup>3</sup> → poche ore/anno < 500 m. |
| <b>PM<sub>10</sub></b> | < 0,1 µg/m <sup>3</sup> → < 100-200 m.<br>< 0,05 µg/m <sup>3</sup> → < 500 m.                                  | 10 e 5 µg/m <sup>3</sup> → mai superati<br>1 → poche ore/anno < 100 m.                                                                              |
| <b>Pb</b>              | < 0,01 ng/m <sup>3</sup> → < 100-200 m.<br>< 0,007 ng/m <sup>3</sup> → < 500 m.                                | 100, 50, 1 ng/m <sup>3</sup> → mai superati                                                                                                         |
| <b>Cd e Hg</b>         | 0,2 ng/m <sup>3</sup> → < 100-200 m.<br>< 0,05 ng/m <sup>3</sup> → < 500 m.                                    | 1 ng/m <sup>3</sup> → < 175 ore/anno < 500 m.<br>0,5 ng/m <sup>3</sup> → < 500 ore/anno < 2,5 km                                                    |
| <b>IPA</b>             | < 1 pg/m <sup>3</sup> → camino<br>< 0,5 pg/m <sup>3</sup> → < 100-200 m.<br>< 0,1 pg/m <sup>3</sup> → < 500 m. | 10 pg/m <sup>3</sup> → trascurabili<br>2 pg/m <sup>3</sup> → poche ore/anno                                                                         |
| <b>Benzene</b>         | 0,5 ng/m <sup>3</sup> → < 100-200 m.<br>0,1 ng/m <sup>3</sup> → < 500 m.                                       | 500, 100, 50, ng/m <sup>3</sup> mai superati                                                                                                        |
| <b>Toluene</b>         | < 1 ng/m <sup>3</sup> → < 500 m.                                                                               | 500, 100 ng/m <sup>3</sup> mai superati                                                                                                             |
| <b>Xilene</b>          | < 0,4 ng/m <sup>3</sup> → < 500 m.                                                                             | 500, 100 ng/m <sup>3</sup> mai superati                                                                                                             |
| <b>PCDD-PCDF</b>       | < 1 fg/m <sup>3</sup> → < 100-200 m.<br>< 0,5 fg/m <sup>3</sup> → < 500 m.                                     | 50 fg/m <sup>3</sup> → mai superati<br>10 fg/m <sup>3</sup> → poche ore/anno < 100-200 m.                                                           |