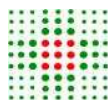


RAPPORTO SULLA VALUTAZIONE SANITARIA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A BOLOGNA

Anno 2009

Versione del 29 settembre 2011



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Bologna



Comune di Bologna

Provincia di Bologna

Rapporto sulla valutazione sanitaria della qualità dell'aria a Bologna, anno 2009

Questo Rapporto è stato curato da:

Corrado Scarnato*, Barbara Bignami*, Elisa Stivanello[§], Emanuela Pipitone[^], Vincenza Perlangeli*, Chiara Giansante*, Paolo Pandolfi*

*Area Epidemiologia, Promozione della Salute e Comunicazione del Rischio – Dipartimento di Sanità Pubblica AUSL di Bologna

[§]Unità Operativa Rischio Ambientale - Dipartimento di Sanità Pubblica AUSL di Bologna

[^]AUSL di Imola -Dipartimento di Sanità Pubblica

Un ringraziamento, per la messa a disposizione di dati ed informazioni utili a produrre questo Rapporto va a:

- Dr. Andrea Pizzoli, per la fornitura dei dati di mortalità dell'AUSL di Imola;
- I colleghi dell'ARPA, per l'invio periodico dei dati ambientali e per l'aiuto nell'interpretazione dei dati ambientali

Per informazioni o richieste

elisa.stivanello@ausl.bologna.it

Questo Rapporto è di proprietà dell'AUSL di Bologna e non è coperto da copyright, può quindi essere diffuso, purché non modificato, così come possono essere estratte delle parti purché sia correttamente citato in bibliografia.

SOMMARIO

| | |
|--|-----------|
| RAPPORTO SULLA VALUTAZIONE..... | 1 |
| SANITARIA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A BOLOGNA..... | 1 |
| PREMESSA | 5 |
| 1 SINTESI..... | 6 |
| 1.1 SINTESI DEI RISULTATI PER LA PROVINCIA DI BOLOGNA | 6 |
| 1.2 SINTESI DEI RISULTATI PER IL COMUNE DI BOLOGNA | 7 |
| 2. INDICATORI DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO | 8 |
| 2.1 PM ₁₀ | 9 |
| 2.2 PM _{2,5} | 10 |
| 2.3 OZONO..... | 11 |
| 2.4 NO ₂ | 13 |
| 3. METODI..... | 15 |
| 3.1 DEFINIZIONE DEGLI EVENTI | 15 |
| 3.2 SOGLIE | 16 |
| 4. VIS PER LA PROVINCIA DI BOLOGNA | 17 |
| 4.1 POPOLAZIONE, MORTALITÀ E RICOVERI | 17 |
| 4.1.1 Residenti | 17 |
| 4.1.2 Mortalità..... | 17 |
| 4.1.3 Ricoveri..... | 17 |
| 4.2 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL PM ₁₀ | 18 |
| 4.2.1 Impatto sui decessi..... | 18 |
| 4.2.2 Impatto sui ricoveri | 19 |
| 4.3 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL PM _{2,5} | 20 |
| 4.4 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DELL'OZONO | 21 |
| 4.4.1 Impatto sui decessi..... | 21 |
| 4.4.2 Impatto sui ricoveri | 23 |
| 4.5 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL BLOSSIDO D'AZOTO (NO ₂) | 23 |
| 4.6 GLI ANNI DI VITA PERSI | 24 |
| 5. VIS PER IL COMUNE DI BOLOGNA..... | 26 |
| 5.1 POPOLAZIONE, MORTALITÀ E RICOVERI | 26 |
| 5.1.1 Residenti | 26 |
| 5.1.2 Mortalità..... | 26 |
| 5.1.3 Ricoveri..... | 26 |
| 5.2 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL PM ₁₀ | 26 |
| 5.2.1 Impatto sui decessi..... | 26 |
| 5.2.2 Impatto sui ricoveri | 27 |
| 5.3 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL PM _{2,5} | 28 |
| 5.4 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DELL'OZONO | 28 |
| 5.4.1 Impatto sui decessi..... | 28 |

| | |
|---|-----------|
| 5.4.2 <i>Impatto sui ricoveri</i> | 29 |
| 5.5 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DELL'NO ₂ | 30 |
| 5.6 GLI ANNI DI VITA PERSI | 30 |
| 6. CONFRONTO TEMPORALE | 32 |
| ALLEGATO | 41 |

Premessa

Negli ultimi anni numerosi studi epidemiologici hanno evidenziato gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana. Queste evidenze hanno ispirato importanti azioni sia a livello nazionale sia sovranazionale, volte al contenimento dello stesso.

L'OMS ha emanato una Linea Guida per la valutazione della qualità dell'aria¹ ed ha reso noti gli effetti sanitari causati dal PM₁₀ e dall'Ozono in 13 grandi città italiane², tra le quali Bologna. In tale documento sono stati indicati gli inquinanti da tenere sotto controllo, quelli per i quali esistono evidenze scientifiche certe di effetti sulla salute e quali devono essere i relativi limiti di esposizione per la popolazione generale. Vengono anche assegnati i compiti che i vari livelli istituzionali devono assumersi, definendo per il livello locale, oltre al monitoraggio ambientale, anche la descrizione e la quantificazione degli effetti sanitari.

Negli ultimi anni l'Unione europea ha pubblicato diverse direttive indicando i limiti per i principali inquinanti fino alla più recente direttiva sulla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa (2008/50/CE) recepita a livello nazionale nel 2010 (D. legs. 155)³.

A livello regionale e locale dal 2002 vengono prodotti "Accordi di programma" annuali o biennali per la gestione delle fasi acute, soprattutto invernali, di inquinamento atmosferico urbano, intervenendo in modo coordinato sul problema della mobilità, considerata uno dei fattori causali più importanti nell'inquinamento atmosferico. Questi accordi assegnano all'AUSL compiti di attivazione di campagne di comunicazione e informazioni sui rischi sanitari da PM₁₀. Questo rapporto, per i suoi contenuti, si colloca pertanto tra gli strumenti a disposizione per queste campagne e tra le azioni a supporto dei decisori politici per garantire "la tutela della salute dai fattori di rischio presenti in ambiente di vita, non confinato" come indicato dai LEA (Livelli essenziali di assistenza). Il rapporto, pubblicato annualmente dal 2003, ha l'obiettivo di descrivere l'impatto che l'inquinamento atmosferico, presente nella provincia e nel comune di Bologna, ha sulla salute, in termini di mortalità (generale, per cause cardiovascolare e respiratorie), ricoveri e anni di vita persi.

Non è perciò uno studio epidemiologico, ma la traduzione in termini operativi aggiornati di lavori scientifici che continuamente approfondiscono la comprensione del fenomeno. Al riguardo si menziona a livello nazionale, lo studio multicentrico EPIAIR promosso dal Centro Nazionale per la Prevenzione ed il Controllo delle Malattie che ha recentemente analizzato gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla mortalità e sui ricoveri in alcune città italiane (Bologna compresa). Attualmente questo studio prosegue come EPIAIR2 allo scopo di continuare l'attività di sorveglianza epidemiologica dei danni dell'inquinamento atmosferico urbano e di valutare l'efficacia dei provvedimenti in atto o previsti per ridurre tale impatto. A livello regionale si menziona l'avvio del progetto Supersito allo scopo di migliorare le conoscenze sul particolato fine ed ultrafine, nelle componenti primarie e secondarie presenti in atmosfera per definire indicatori ambientali e sanitari stabili e standardizzati.

1 Sintesi

- Come nelle valutazioni precedenti le stime di impatto sanitario sono calcolate utilizzando il software AirQ, prodotto e distribuito dall'OMS. L'impatto sulla salute è espresso come RA % (Rischio Attribuibile %), cioè la percentuale di eventi (morti) tra tutti gli eventi che si sarebbero potuti evitare, o ritardare, se l'inquinamento non avesse superato una determinata soglia.
- Dal 2009, viene utilizzato il metodo di codifica delle cause di morte secondo i criteri previsti dal sistema ICD (International Classification of Diseases) X rev. Ciò comporta una ricollocazione delle cause di morte che in alcuni casi sono diverse da quelle presenti nel precedente sistema ICD IX rev. Ne consegue che le stime del numero di morti per cause specifiche attribuibili ai vari inquinanti che si ottengono nel 2009, possono essere confrontate con quelle degli anni precedenti con molta cautela. Le stime dei RA% non dipendendo dal numero di decessi non risentono invece di questo cambiamento.
- Il confronto con gli anni precedenti richiede inoltre prudenza per la ristrutturazione della rete delle centraline di monitoraggio che ha portato a variazioni nel numero e nel tipo di centraline e negli inquinanti da queste monitorati.

1.1 Sintesi dei risultati per la provincia di Bologna

- Le concentrazioni in aria degli inquinanti considerati in questo rapporto (PM_{10} , $PM_{2,5}$, Ozono, NO_2) nel 2009 hanno complessivamente rispettato molti dei limiti di legge o i valori guida previsti dall'OMS. L'analisi delle concentrazioni del PM_{10} ha mostrato un significativo trend in riduzione.

PM₁₀

- Considerando la concentrazione di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come soglia di "non effetto" definita per legge, l'impatto sulla mortalità generale, nell'intero territorio provinciale, nel 2009 è dello 0,58%, diminuito rispetto al valore del 2008 (0,70%). Il corrispondente numero di morti in eccesso è di 22.
- L'impatto sulla mortalità cardiovascolare è stato dello 0,63% (0,75% nel 2008), e sulla mortalità respiratoria è stato dello 0,94 %, (era dell'1,13% nel 2008).
- L'impatto sui ricoveri ospedalieri è stato dello 0,70% per le patologie cardiovascolari e dello 0,63% per le patologie respiratorie.
- Considerando la concentrazione di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come soglia di non effetto l'impatto del PM_{10} è più che doppio per tutti gli esiti considerati (1,40% per la mortalità generale) pari a 154 morti in eccesso.

PM_{2,5}

- L'impatto sulla mortalità generale, al valore soglia di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, è stato pari allo 0,89 % contro l'1,07% del 2008.
- L'analisi sugli "anni di vita persi", considerando come soglia di "non effetto" i $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ci rivela che nel 2009 sono stati persi 162 anni di vita (219 nel 2008).

Ozono

- Alla soglia di $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, i valori di impatto sulla mortalità per l'intera provincia risultano più alti rispetto l'anno scorso. Si va dall'1,95% per quella generale (1,46 nel 2008), all'1,54% (1,15% nel 2008) per patologie cardiovascolari e al 4,65% (3,50% nel 2008) per le malattie dell'apparato respiratorio.
- Alla stessa soglia l'impatto sui ricoveri per patologie respiratorie nel gruppo di età tra i 15 ed i 64 anni è del 2,36% e nel gruppo di età superiore ai 64 anni del 2,88%; l'impatto sui ricoveri per broncopneumopatia cronico ostruttiva (BPCO) è del 3,24%.
- Alla soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ l'impatto aumenta sia sulla mortalità sia sui ricoveri (mortalità generale 3,09%, mortalità cardiovascolare 2,43%, mortalità respiratoria 7,24%).

NO₂

- Alla soglia di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abbiamo un valore di 2 morti in eccesso per patologie cardiovascolari (pari ad un impatto dello 0,10%, rispetto allo 0,21% del 2008). Alla soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il numero di morti in eccesso è pari a 16 (0,48%).

Confronto temporale

- Confrontando i dati di mortalità generale nel periodo 2000-2009 attribuibile ai livelli di concentrazione del PM₁₀ misurati nella sola stazione di Porta San Felice di Bologna, si nota una diminuzione degli effetti negativi di questo inquinante dovuta soprattutto ad una riduzione del numero di giorni oltre i $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Non si evidenzia invece un chiaro trend di riduzione dell'impatto dell'ozono e del biossido di azoto.

1.2 Sintesi dei risultati per il comune di Bologna

- Nel 2009 si rileva una complessiva diminuzione dei rischi attribuibili all'inquinamento atmosferico del PM₁₀. Considerando la soglia dei $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, l'impatto sulla mortalità totale è risultato pari allo 0,60% (vs. 0,89% nel 2008). Si registra un valore leggermente superiore (0,65%) considerando l'impatto sulla mortalità cardiovascolare, e un valore più alto (0,97%) considerando la mortalità legata all'apparato respiratorio. Alla stessa soglia l'impatto sui ricoveri per malattie respiratorie è dello 0,65% e per le malattie cardiovascolari dello 0,73%
- L'impatto del PM_{2,5} a concentrazioni superiori a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla mortalità generale risulta diminuito (dall'1,37 nel 2008 allo 0,91% nel 2009). L'analisi condotta sugli anni di vita persi attribuibili all'inquinamento da PM_{2,5}, per valori superiori a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ porta ad una stima di circa 67 anni (94 anni nel 2008) di vita perduti.
- L'impatto dell'ozono per valori superiori a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla mortalità generale è dell'1,86% (vs. 1,39% dell'anno precedente), sulla mortalità per le malattie cardiovascolari è dell'1,46% (1,09% nell'anno precedente) e sulla mortalità per le malattie dell'apparato respiratorio è del 4,43% (vs. 3,36% nel 2008). Alla stessa soglia l'impatto sui ricoveri varia tra il 2,25 (malattie respiratorie in individui di età compresa tra i 15-64 anni) ed il 3,09% (BPCO).
- Il rischio di mortalità per patologie cardiovascolari attribuibile al biossido d'azoto è dello 0,26% (0,25% nel 2008) considerando la soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pari a 3 morti.

2. Indicatori dell'inquinamento atmosferico

La valutazione d'impatto sulla salute dei residenti in provincia di Bologna è stata effettuata prendendo in considerazione gli inquinanti atmosferici: PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e O₃. Sulla scelta di tali inquinanti e sulla valutazione dei loro potenziali effetti sinergici si rimanda al rapporto sulla VIS 2006⁴.

La rete delle centraline ARPA di monitoraggio di qualità dell'aria ha subito varie ristrutturazioni: alcune centraline sono state sostituite o disattivate, altre attivate. In seguito alle modifiche apportate alla configurazione della rete, nel 2009 la rete delle centraline ARPA è così costituita⁵:

| STAZIONE | PM ₁₀ | PM _{2,5} | O ₃ | NO ₂ |
|--------------------------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| Bologna - Giardini Margherita | • ^a | • | • | • |
| Bologna – Porta San Felice | • | • | | • |
| San Lazzaro | • ^b | | | • |
| Bentivoglio - San Marino | • | | | • |
| Molinella - S.Pietro Capofiume | • ^c | • | • | • |
| Imola – Cavour | | | | • ^d |
| Imola – De Amicis | • | | | • |
| Imola – Pirandello | | | • | • |

Come nelle valutazioni precedenti, si è assunto, come valore dell'esposizione media della popolazione provinciale, la media dei valori di concentrazione giornaliera od oraria forniti dalle varie centraline della provincia. L'assunto supera il problema degli spostamenti della popolazione che avvengono nel corso dell'anno all'interno della provincia per motivi di lavoro o per altri motivi.

Per le analisi a livello comunale, in presenza di dati provenienti da più di una centralina si è assunto, come valore dell'esposizione media della popolazione, la media dei valori di concentrazione giornaliera od oraria forniti dalle varie centraline.

^a Mancano maggio e giugno perché non rilevati o rilevati con strumenti in fase di collaudo.

^b Solo dicembre.

^c Mancano gennaio, febbraio, marzo e aprile.

^d Manca quasi tutto maggio.

2.1 PM₁₀

Nel 2009 lo standard di qualità fissato dal software AirQ⁶ per poter utilizzare i dati è stato raggiunto da cinque centraline della rete provinciale (Porta San Felice, Giardini Margherita, San Marino, S. Pietro Capofiume e Imola De Amicis) di cui due nel comune di Bologna. La centralina di San Lazzaro entrata in funzione solo in dicembre 2009 non ha invece raggiunto il numero minimo di giorni di misurazione per poter essere inserita nella rete di controllo prevista dai parametri dell'OMS.

| Indicatore | Standard AirQ | Limite di legge | S.Felice | Margherita | Capofiume | S.Marino | Imola - De-Amicis |
|--|---------------|-----------------|------------------------|------------|------------|------------|-------------------|
| Metodo | gravimetrico | | a raggi β ^e | a raggi β | a raggi β | a raggi β | a raggi β |
| % di giorni (n.) | > 50 (>182) | | 97,5 (357) | 69,4 (254) | 64,5 (236) | 89,6 (328) | 98,4 (360) |
| giorni estivi / giorni invernali | > 0,5 | | 0,98 | 0,64 | 1,68 | 0,86 | 1,00 |
| Media annuale in µg/m ³ | | 40 | 34 | 24 | 28 | 29 | 28 |
| n° giorni con livelli superiori al valore di riferimento giornaliero (50 µg/m ³) | | < 35 | 50 | 20 | 16 | 32 | 32 |

Come nel 2008 tutte le centraline rispettano i limiti previsti dalla normativa⁷ vigente per il valore della media annuale (40 µg/m³). Il limite dei 35 giorni in cui è ammesso il superamento della concentrazione di 50 µg/m³ non è rispettato solo presso la centralina di Porta San Felice.

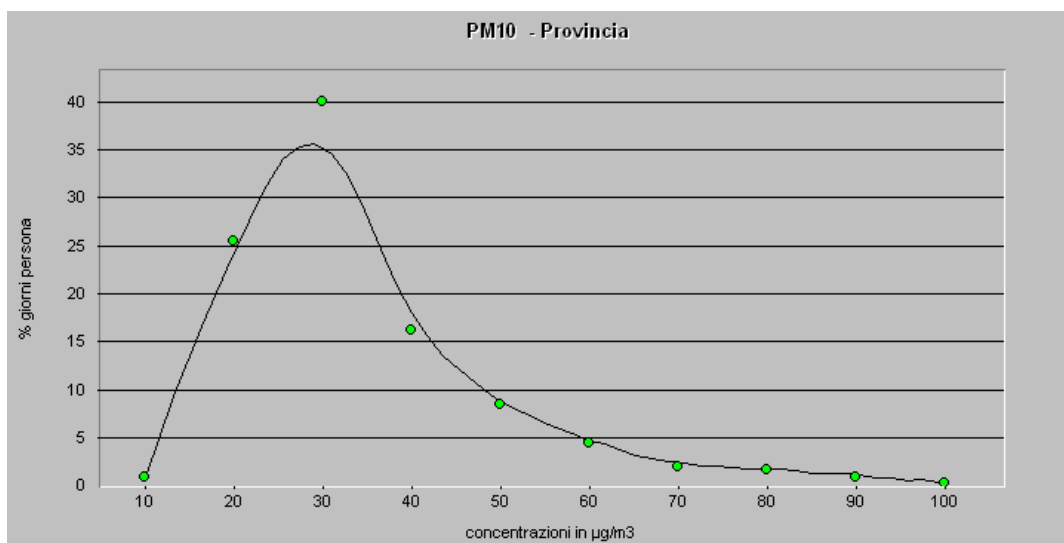
La media dei valori di concentrazione giornaliera di PM₁₀ forniti dalle cinque centraline è stata assunta come valore dell'esposizione media della popolazione provinciale. Per la popolazione del comune di Bologna si è considerato come valore di concentrazione giornaliera la media dei valori di concentrazioni forniti da due centraline (Porta San Felice e Giardini Margherita).

La tabella seguente mostra la media, deviazione standard, valore massimo e superamenti del valore di riferimento sia a livello della provincia che del comune.

| PM ₁₀ | | | | | | |
|----------------------|---------|---------|-------|------|------|---------------------------|
| | Periodo | n. dati | Media | Ds | Max | gg. >50 µg/m ³ |
| Provincia di Bologna | Anno | 365 | 29,1 | 14,5 | 90,2 | 33 |
| | Inverno | 182 | 35,0 | 17,4 | 90,2 | 33 |
| | Estate | 183 | 24,0 | 7,6 | 47,0 | 0 |
| Comune di Bologna | Anno | 359 | 29,9 | 15,0 | 96,0 | 37 |
| | Inverno | 181 | 35,3 | 17,9 | 96,0 | 36 |
| | Estate | 179 | 24,3 | 8,1 | 55,0 | 1 |

^e A filtro singolo.

La figura seguente mostra la percentuale di giorni di esposizione della popolazione provinciale alle diverse fasce di valori di PM₁₀. Per il 40% dei giorni, corrispondente al massimo della distribuzione, la popolazione è stata esposta ad una concentrazione tra i 20 ed i 30 µg/m³.



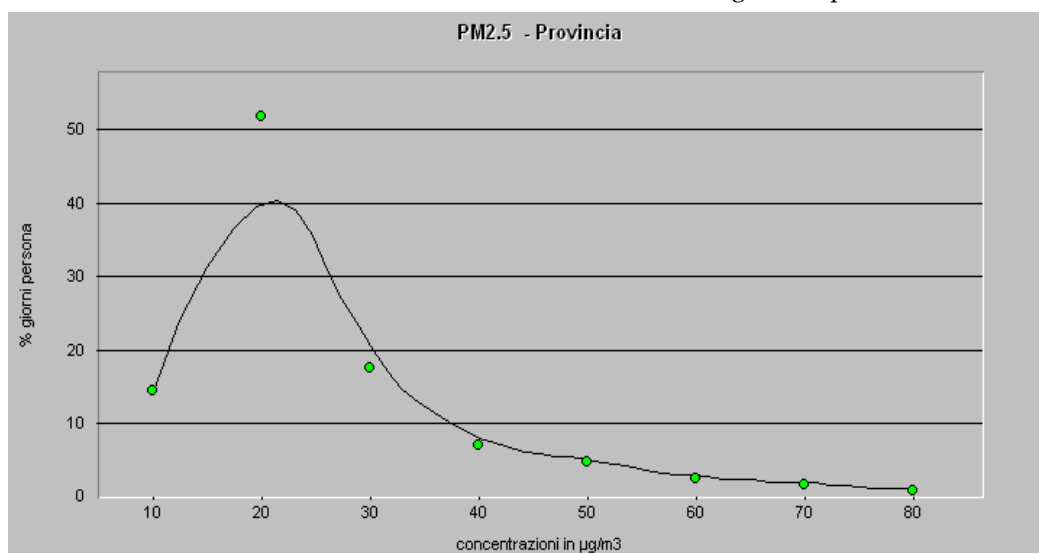
Sostanzialmente sovrapponibile risulta la curva relativa alla percentuale di giorni di esposizione della popolazione del Comune di Bologna che quindi non viene riportata.

2.2 PM_{2,5}

I valori del PM_{2,5} sono stati registrati in tre centraline (Porta San Felice, Giardini Margherita, San Pietro Capofiume). I parametri richiesti da AirQ, in termini di numero minimo di rilevazioni e di rapporto tra dati estivi e dati invernali, sono stati raggiunti e quindi è possibile effettuare una valutazione d'impatto del PM_{2,5} sulla salute della popolazione della provincia di Bologna, adottando il valore medio tra le 3 centraline (o tra 2 centraline per la popolazione del comune). La tabella riporta alcune statistiche di questo inquinante.

| PM _{2,5} | | | | | |
|----------------------|---------|---------|-------|------|------|
| | periodo | n. dati | Media | ds | max |
| Provincia di Bologna | anno | 365 | 20,2 | 13,3 | 78,0 |
| | inverno | 182 | 26,4 | 15,7 | 78,0 |
| | estate | 183 | 14,0 | 5,7 | 34,0 |
| Comune di Bologna | anno | 359 | 19,9 | 13,5 | 78,0 |
| | inverno | 181 | 26,0 | 16,1 | 78,0 |
| | estate | 179 | 14,0 | 5,8 | 35,5 |

Nel 2009 non esistevano riferimenti legislativi per valutare gli effetti sanitari della qualità dell'aria per il PM_{2,5}.



La figura sopra riportata mostra la percentuale di giorni di esposizione della popolazione della provincia alle diverse fasce di valori di $PM_{2.5}$. Per il 50% circa dei giorni, corrispondente al massimo della distribuzione, la popolazione provinciale è stata esposta ad una concentrazione media tra i 10 e i 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Molto simile è la curva relativa ai giorni di esposizione nel Comune di Bologna che quindi non si riporta.

2.3 Ozono

La stima dell'esposizione all'ozono nella Provincia è stata effettuata utilizzando i valori di concentrazione oraria delle centraline di Bologna-Giardini Margherita, S.Pietro Capofiume e Imola-Pirandello avendo tutte raggiunto lo standard di qualità previsto dal programma AirQ. Per il territorio del comune era funzionante solo una centralina (Bologna Giardini Margherita).

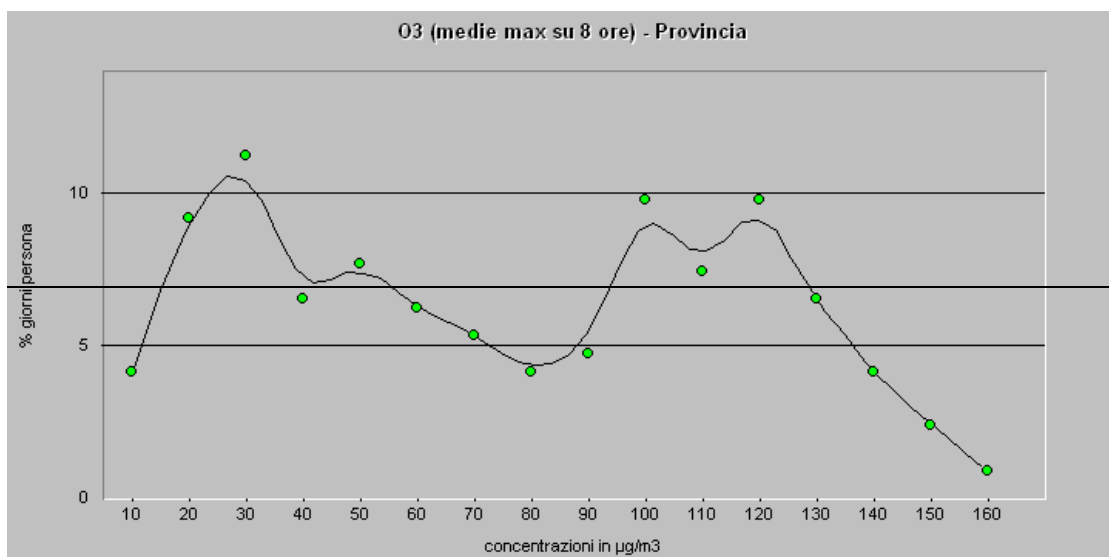
Di seguito riportiamo alcune statistiche descrittive dell'ozono. Le medie mobili su otto ore sono state calcolate dopo aver raggruppato e mediato i dati orari di ogni centralina se erano disponibili almeno il 75% di dati validi come richiesto da AirQ. Di queste sono poi stati selezionati i valori massimi giornalieri.

| Ozono | | | | | | | |
|----------------------|---------|---------|--------------|------|------------------|--|--|
| | periodo | n. dati | Media oraria | Ds | Max medie 8h max | medie 8h max >120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | media oraria >180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Provincia di Bologna | anno | 365 | 49.5 | 35.3 | 159,6 | 48 | 0 |
| | inverno | 182 | 25.2 | 20.2 | 101,3 | 0 | 0 |
| | estate | 183 | 73.7 | 32.3 | 159,6 | 48 | 0 |
| Comune di Bologna | anno | 346 | 49 | 37.1 | 162.3 | 42 | 2 |
| | inverno | 180 | 24.3 | 21.2 | 93.2 | 0 | 0 |
| | estate | 166 | 75.6 | 31.7 | 162.3 | 42 | 2 |

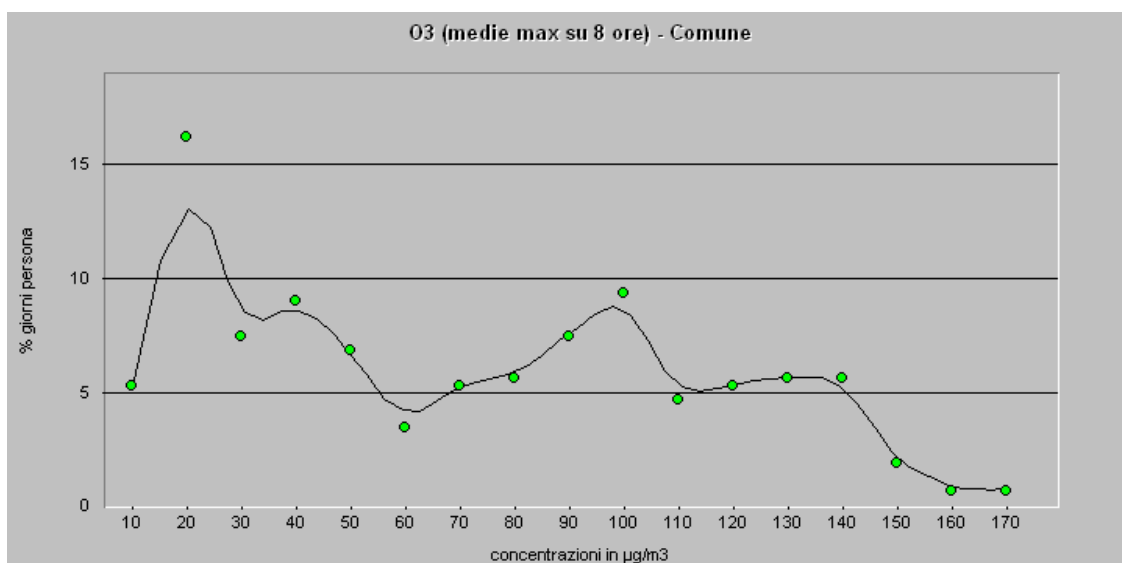
Il D.Lgs. n. 183/2004⁸ prevede come "Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (media mobile su otto ore massima giornaliera) il non superamento dei 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tale obiettivo non è stato raggiunto né in Provincia né in Comune. La media oraria ha superato i 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (soglia di informazione indicata dallo stesso D.Lgs), sia

presso i Giardini Margherita (2 volte) che a San Piero Capofiume (1 volta). Il dato provinciale complessivo non evidenzia però dei superamenti di questa soglia. Tutte le centraline hanno presentato valori medi annuali superiori a quelli indicati per la protezione dei beni materiali, ossia i $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La figura seguente mostra la percentuale di giorni di esposizione della popolazione provinciale per le diverse fasce di valori di ozono. A differenza degli altri inquinanti considerati in precedenza, si nota un andamento multimodale. Per più del 10% dei giorni si ha una esposizione compresa tra i 20 ed i $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Ozono e per una percentuale di giorni di poco inferiore si ha un'esposizione tra i 90 ed i 99 ed tra i 110 ed i $119 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



La stessa distribuzione multimodale si osserva anche per il comune, come si vede nella figura seguente. In questo caso il picco di esposizione maggiore si osserva tra i 10 ed i $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per circa il 16% dei giorni.



2.4 NO₂

I dati relativi alle concentrazioni di biossido d'azoto (NO₂) presenti nella provincia di Bologna, nel 2009, sono stati raccolti a partire da 8 centraline che rispettavano i criteri dell'OMS per AirQ (Giardini Margherita, Porta San Felice, San Lazzaro, San Marino, San Pietro Capofiume, Imola-Cavour, Imola-de Amicis, Imola-Pirandello), di queste due erano localizzate nel territorio del comune di Bologna.

Per la valutazione dell'esposizione della popolazione della provincia o del comune di Bologna tutti i dati orari di ogni centralina sono stati raccolti e da questi sono state calcolate le medie giornaliere riassunte nella tabella seguente:

| NO ₂ | | | | | |
|----------------------|---------|---------|-------|------|-----|
| | periodo | n. dati | media | Ds | Max |
| Provincia di Bologna | anno | 365 | 33,4 | 13,3 | 84 |
| | inverno | 182 | 43,5 | 10,2 | 84 |
| | estate | 183 | 23,4 | 7,0 | 40 |
| Comune di Bologna | anno | 360 | 47,6 | 15,0 | 95 |
| | inverno | 180 | 57,1 | 11,7 | 95 |
| | estate | 180 | 38,3 | 11,6 | 69 |

Si riportano anche le statistiche descrittive delle massime orarie giornaliere.

| NO ₂ | | | | | | |
|----------------------|---------|---------|-------|------|-------|-------------------------------|
| | periodo | n. dati | media | Ds | max | gg. >210 µg/m ³ |
| Provincia di Bologna | anno | 365 | 51,3 | 18,4 | 114,3 | 0 |
| | inverno | 182 | 63,8 | 14,6 | 114,3 | 0 |
| | estate | 183 | 38,8 | 12,3 | 76,3 | 0 |
| Comune di Bologna | anno | 360 | 72,0 | 19,9 | 139,0 | 0 |
| | inverno | 180 | 80,9 | 16,5 | 139,0 | 0 |
| | estate | 180 | 63,0 | 19,0 | 114,0 | 0 |

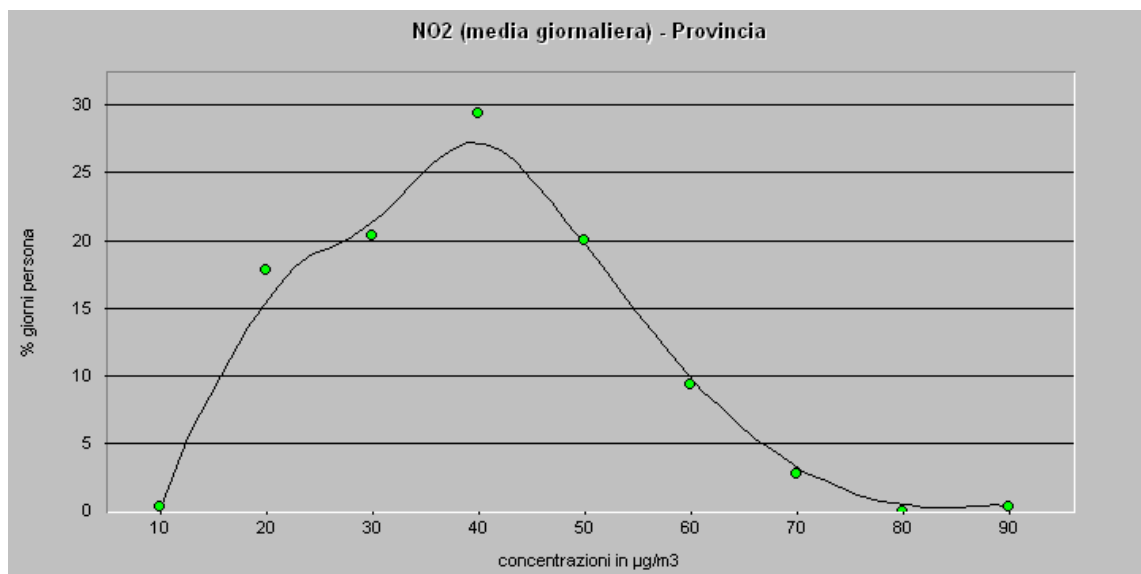
Il DM 60/2002⁹ individua 2 valori limite per l'esposizione umana:

- un valore limite orario per la protezione della salute umana di 200 µg/m³, da non superare più di 18 volte in un anno;
- un valore limite annuale di 40 µg/m³ da raggiungere nel 2010.

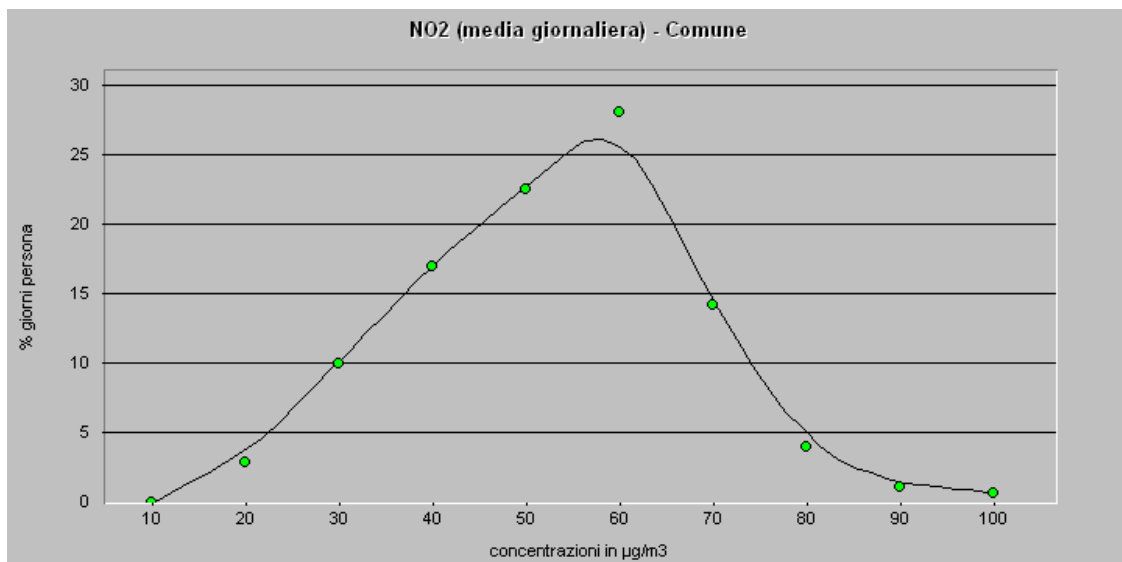
Considerando i margini di tolleranza, nel 2009 tali valori sono rispettivamente 210 µg/m³ e 42 µg/m³ rispettivamente.

I dati mostrano come, nel corso del 2009, a livello provinciale si sia riusciti a rispettare il primo limite, ovvero non oltrepassare più di 18 giorni il valore di 210 µg/m³ sia complessivamente che a livello delle singole centraline, in modo analogo a quanto si era osservato nel 2008 (due superamenti erano stati osservati nella centralina di Casalecchio che però non è stata considerata in queste analisi perché disattivata nei primi mesi dell'anno). Per quanto riguarda la media annuale, il limite esposto viene rispettato a livello provinciale.

La seguente figura mostra la percentuale di popolazione esposta in un anno in funzione delle concentrazioni medie giornaliere di NO₂. Si evince che nel 30% dei giorni la popolazione è esposta a concentrazioni tra i 30 ed i 40 µg/m³.



A livello del comune, si osserva il superamento del valore individuato dal DM 60/2002, (42 µg/m³) mentre è rispettato il limite di 18 superamenti del massimo di 210 µg/m³ per le medie orarie. La stagione invernale, come accade per la Provincia, è quella con i valori più critici; in estate il valore medio ha rispettato il limite. Come si vede nella figura seguente, nel comune il numero massimo di giorni di esposizione si ha in corrispondenza di concentrazioni tra i 50 e i 60 µg/m³.



3. Metodi

Per il calcolo dell'impatto sanitario, in termini di mortalità, abbiamo utilizzato il software AirQ (Air Quality health impact assessment tool) versione 2.2.3 prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health"⁶.

La stima d'impatto viene eseguita per i vari effetti sanitari specifici per ogni inquinante utilizzando i Rischi Relativi (RR) implementati nel software AirQ e derivati dalla letteratura con i relativi intervalli di confidenza (IC). Nonostante siano disponibili RR calcolati anche sulla popolazione locale, per poter permettere confronti geografici e temporali si è scelto anche quest'anno di utilizzare quelli di AirQ come spiegato nel rapporto sulla qualità dell'aria del 2006 cui si rimanda⁴. Per la descrizione della metodologia di analisi si rimanda alle relazioni sulla qualità dell'aria della Provincia di Bologna - Anno 2004¹⁰.

3.1 Definizione degli eventi

Si precisa che i RR che utilizza AirQ sono stati calcolati sulla mortalità generale escluse le cause traumatiche e definita con codici ICD IX inferiori a 800, sulla mortalità cardiovascolare definita dai codici ICD IX compresi tra il 410 e 436, sulla mortalità respiratoria definita dai codici ICD IX compresi tra il 460 ed il 519⁶.

A partire dal 2009, l'AUSL di Bologna ha introdotto il metodo di codifica delle cause di morte secondo i criteri previsti nel nuovo sistema ICD X rev¹¹. La codifica delle cause di morte presenti nei due sistemi è alquanto diversa. Per poter utilizzare i RR di AirQ ci si è pertanto basati sulle corrispondenze indicate nella tabella seguente:

| | ICD IX | ICD X |
|---------------------------|---------|---------------|
| Mortalità generale | <800 | <S00 |
| Mortalità-cardiovascolare | 410-436 | I20-I67 e G45 |
| Mortalità respiratoria | 460-519 | J01-J99 |

Per facilitare la lettura delle tabelle non specificheremo ogni volta che la mortalità generale non comprende le cause traumatiche. Inoltre per lo stesso motivo nel presentare i dati si farà riferimento alla mortalità cardiovascolare senza specificare ogni volta che in questa classe sono inclusi decessi classificati nel nuovo sistema con ICD X G45 che adesso appartengono al gruppo delle malattie del sistema nervoso.

In linea generale il cambiamento della codifica non dovrebbe portare a nessuna variazione sulla mortalità generale (il numero di decessi per cause naturali non è influenzato dal sistema di codifica), mentre variazioni, anche sensibili, sono da aspettarsi sulle cause specifiche. La certa diversa numerosità di decessi assegnati nelle cause specifiche comporta un diverso valore del tasso grezzo di mortalità che a sua volta influenza il numero di eventi probabili nel calcolo d'impatto. Pertanto i risultati ottenuti nel 2009 possono essere confrontati con quelli ottenuti nel corso degli anni scorsi fino al 2008 con molta cautela. In appendice discutiamo maggiormente questi aspetti e le potenziali implicazioni che questo cambiamento può avere per questa valutazione e presentiamo alcune analisi condotte dopo aver applicato delle correzioni ai tassi grezzi. La stima del RA% non risente invece del valore del tasso grezzo e quindi a prescindere da altri fattori (cambiamenti nelle centraline, nella qualità dei dati ad es.) può essere confrontata con quella ottenuta negli anni precedenti.

Non vi è stato invece nessun cambiamento nella codifica delle diagnosi di dimissione ospedaliera basate ancora sul sistema ICD IX. Il numero di ricoveri per le malattie del sistema cardiovascolare, respiratorio e per BPCO sono stati individuati, come previsto da AirQ, dai seguenti codici:

| | ICD IX |
|--------------------------------------|-------------------|
| Malattie del sistema cardiovascolare | 410-436 |
| Malattie del sistema respiratorio | 460-519 |
| BPCO | 490-492 e 495-496 |

3.2 Soglie

Nella valutazione di impatto sanitario i valori considerati come soglie di non effetto non corrispondono necessariamente a valori limiti previsti dalla normativa italiana.

PM₁₀

Nello studio la stima dei morti e dei ricoveri in eccesso è stata effettuata considerando come soglie di non effetto, rispettivamente, i 10, 20, 40 e il valore di 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per poter effettuare i confronti con gli anni precedenti.

PM_{2,5}

Nello studio la stima dei morti in eccesso è stata effettuata considerando come soglie di non effetto, rispettivamente, i 10 e i 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ozono

La stima dei morti e dei ricoveri in eccesso è stata effettuata considerando come soglie di non effetto, rispettivamente, i 10, 60 e 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

NO₂

La stima degli effetti sanitari in eccesso è stata effettuata considerando come soglie di non effetto, rispettivamente i 10 e i 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; considerato che quest'ultimo è indicato come valore limite dalle linee guida dell'OMS.

4. VIS per la Provincia di Bologna

4.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

4.1.1 Residenti

Per calcolare le stime d'impatto è necessario possedere i tassi grezzi degli effetti da misurare, utilizzando la popolazione residente¹² nel 2009 specifica per ogni esito.

| Provincia di Bologna | Al 1/01/2009 | Al 31/12/2009 | media nel 2009 |
|----------------------|--------------|---------------|----------------|
| Tutte le età | 976.170 | 984.341 | 980.256 |
| 0-14 anni | 122.338 | 125.114 | 123.726 |
| 15-64 anni | 622.841 | 627.172 | 625.007 |
| >64 anni | 230.991 | 232.055 | 231.523 |

4.1.2 Mortalità

Nel 2009 i residenti in provincia di Bologna deceduti¹³ in qualsiasi località, con i relativi tassi grezzi^f di mortalità per 100.000 residenti, per le cause considerate, sono:

| Mortalità | Generale (ICD X rev. <S00) | | per malattie del sistema cardiovascolare (ICD X I20-I67 e G45) | | per malattie dell'apparato respiratorio (ICD X J01-J99) | |
|----------------------|----------------------------|--------------|--|--------------|---|--------------|
| | Numero morti | Tasso grezzo | Numero morti | Tasso grezzo | Numero morti | Tasso grezzo |
| Provincia di Bologna | 10992 | 1121,3 | 3256 | 332,16 | 1001 | 102,1 |

4.1.3 Ricoveri

Si riporta di seguito il numero totale di ricoveri ed il tasso grezzo di ospedalizzazione per 100.000 relativo ai residenti ricoverati in regime ordinario in strutture sanitarie della provincia, per determinati gruppi di cause e fasce di età.

| Ricoveri residenti in Provincia di Bologna | | Numero | Tasso ospedalizzazione x 100.000 |
|---|--------------|--------|----------------------------------|
| Malattie del sistema cardiovascolari (ICD IX 410-436) | Tutte le età | 17112 | 1745,67 |
| Malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519) | Tutte le età | 11560 | 1179,28 |
| | 15-64 anni | 2851 | 456,15 |
| | >64 anni | 7146 | 3086,52 |
| BPCO (ICD IX 490-492 e 495-496) | Tutte le età | 1832 | 186,89 |

^f Il tasso grezzo di mortalità è il rapporto tra il numero di morti e la popolazione media del periodo.

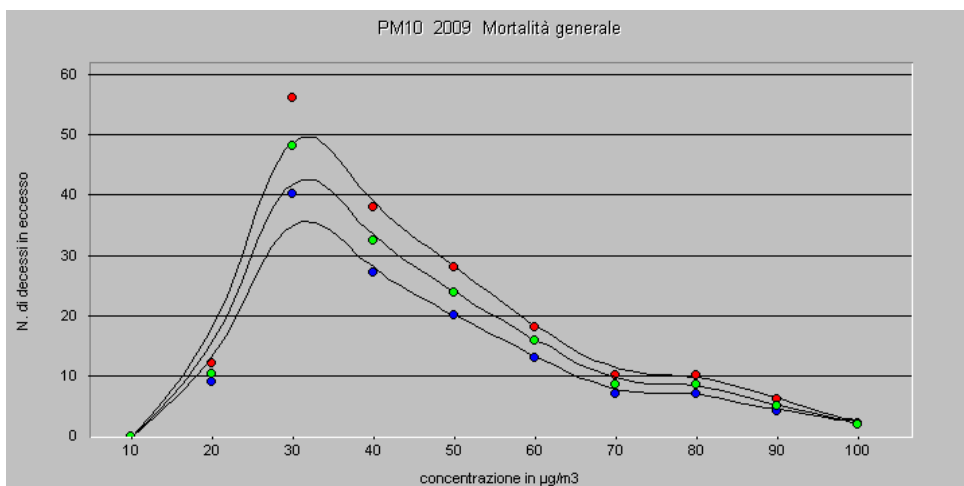
4.2 Stima dell'impatto sanitario del PM₁₀

4.2.1 Impatto sui decessi

La seguente tabella riporta il numero dei decessi attribuibili al PM₁₀ in funzione della soglia considerata di "non impatto" con i corrispondenti RA espressi in percentuale e calcolati sul totale della popolazione esposta a rischio nel periodo considerato, per la mortalità generale (ICD X da A00 a R99), per cause cardiovascolari (ICD X da I20 a I67) e G45 e per cause respiratorie (ICD X da J01 a J99). Si riporta anche il dato del 2008 in cui le cause erano definite da ICD IX <800, ICD IX 410-436 e ICD IX 460-510.

| Provincia di Bologna | | Valore limite PM ₁₀ (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | | | |
|----------------------------------|---------------------------|---|------------------|------------------|------------------|
| | | >60 | >40 | >20 | >10 |
| Mortalità Generale | | | | | |
| 2008 Tasso = 1096 | Stima N morti (IC 95%) | 7 (6-9) | 25 (21-29) | 84 (70-97) | 148 (124-171) |
| | RA % (IC95%) | 0,70 (0,59-0,82) | 0,70 (0,59-0,81) | 0,80 (0,67-0,93) | 1,38 (1,16-1,60) |
| 2009 Tasso = 1121 | Stima N morti (IC 95%) | 5 (4-6) | 22 (18-25) | 85 (72-99) | 154 (130-179) |
| | RA % (IC95%) | 0,52 (0,44-0,61) | 0,58(0,49-0,67) | 0,78 (0,66-0,91) | 1,40 (1,18-1,63) |
| Mortalità Cardiovascolare | | | | | |
| 2008 Tasso =312 | Stima N morti (IC 95%) | 2 (1-5) | 8 (5-17) | 26 (16-57) | 45 (29-100) |
| | RA % (IC95%) | 0,76 (0,48-1,70) | 0,75 (0,47-1,69) | 0,86 (0,54-1,92) | 1,49 (0,94-3,30) |
| 2009 Tasso = 332 | Stima N morti (IC 95%) | 2 (1-4) | 7 (4-15) | 27 (7-61) | 49 (31-109) |
| | RA % (IC95%) | 0,57 (0,35-1,26) | 0,63(0,39-1,40) | 0,85 (0,53-1,89) | 1,52 (0,95-3,35) |
| Mortalità Respiratoria | | | | | |
| 2008 Tasso=106 | Stima N morti (IC 95%) | 1 (1-4) | 4 (3-12) | 13 (9-39) | 23 (15-68) |
| | RA % (IC95%) | 1,14 (0,76-3,42) | 1,13 (0,75-3,40) | 1,29 (0,86-3,86) | 2,22 (1,49-6,55) |
| 2009 Tasso = 102 | Stima N morti (IC 95%) | 1 (1-2) | 3 (2-10) | 13 (8-38) | 23 (15-66) |
| | RA % (IC95%) | 0,85 (0,57-2,57) | 0,94(0,63-2,84) | 1,27 (0,84-3,80) | 2,26 (1,51-6,64) |

Come si può osservare dalla tabella il numero dei morti attribuibili diminuisce all'aumentare del valore soglia che si prende in considerazione o, detto con altre parole, tanto più alta è la soglia considerata "accettabile" tanto minore risulta il numero dei morti "attribuibili" al suo superamento. Rispetto al 2008, nel 2009 si osserva una riduzione del RA% alle soglie di 60 e 40 µg/m³ e una sostanziale stabilità dei valori alle soglie di 20 o 10 µg/m³. Si rammenta tuttavia che la valutazione di impatto del 2008 non comprendeva i dati della centralina di S. Pietro Capofiume, non ancora attiva¹⁴.



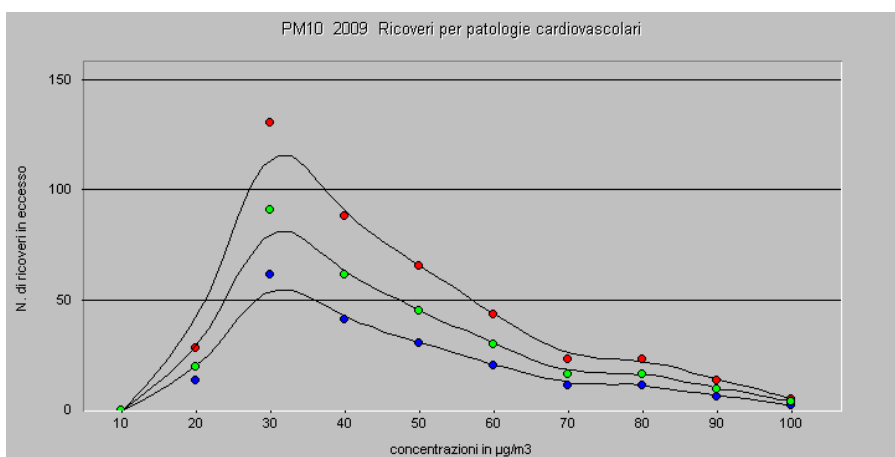
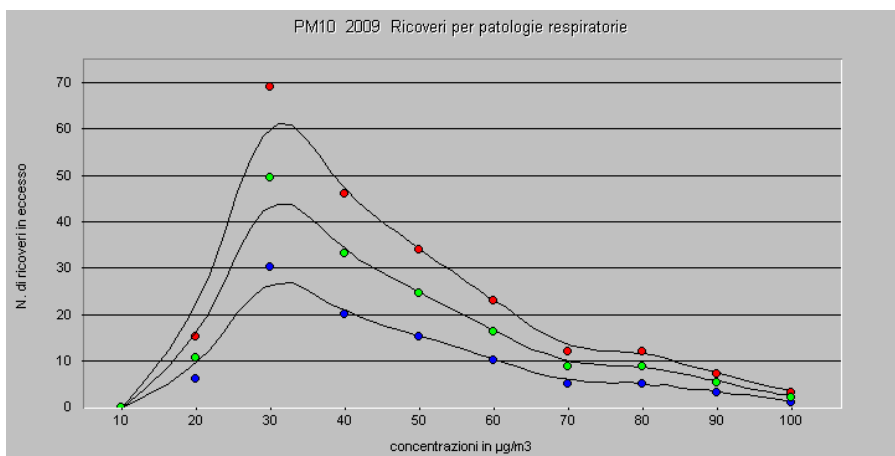
La figura sopra riportata mostra come sono distribuiti nel 2009 i 154 morti in eccesso (con relativi intervalli di confidenza al 95%), alla soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in base alle concentrazioni di PM_{10} . 10 morti avvengono ad una concentrazione tra i 10 ed i $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 45 morti circa ad un'esposizione compresa tra i 20 ed i $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e così via.

4.2.2 Impatto sui ricoveri

La tabella riporta per le patologie respiratorie e quelle cardiovascolari la stima del numero dei ricoveri, il valore percentuale del rischio attribuibile (RA%) con i limiti di confidenza al 95% per la provincia di Bologna.

| Ricoveri Provincia di Bologna | | Valore limite PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sui ricoveri) | | | |
|----------------------------------|------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|
| | | >60 | >40 | >20 | >10 |
| Malattie respiratorie | | | | | |
| Tasso = 1179 | Stima N ricoveri (IC 95%) | 6 (4-8) | 24 (15-34) | 97 (58-135) | 175(106-244) |
| | RA % (IC95%) | 0,57 (0,34-0,79) | 0,63 (0,38-0,88) | 0,85 (0,51-1,18) | 1,52 (0,91-2,11) |
| Malattie cardiovascolari | | | | | |
| Tasso = 1746 | Stima N ricoveri (IC 95%) | 10 (6,6-14,2) | 41 (27-59) | 162 (108-232) | 291 (195-417) |
| | RA % (IC 95%) | 0,64 (0,43-0,92) | 0,70 (0,47-1,01) | 0,95 (0,64-1,37) | 1,70 (1,14-2,44) |

Come si vede nei grafici sottostanti, sia per le patologie respiratorie che per quelle cardiovascolari, il numero più alto di ricoveri in eccesso avviene a concentrazioni tra i 20 ed i $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

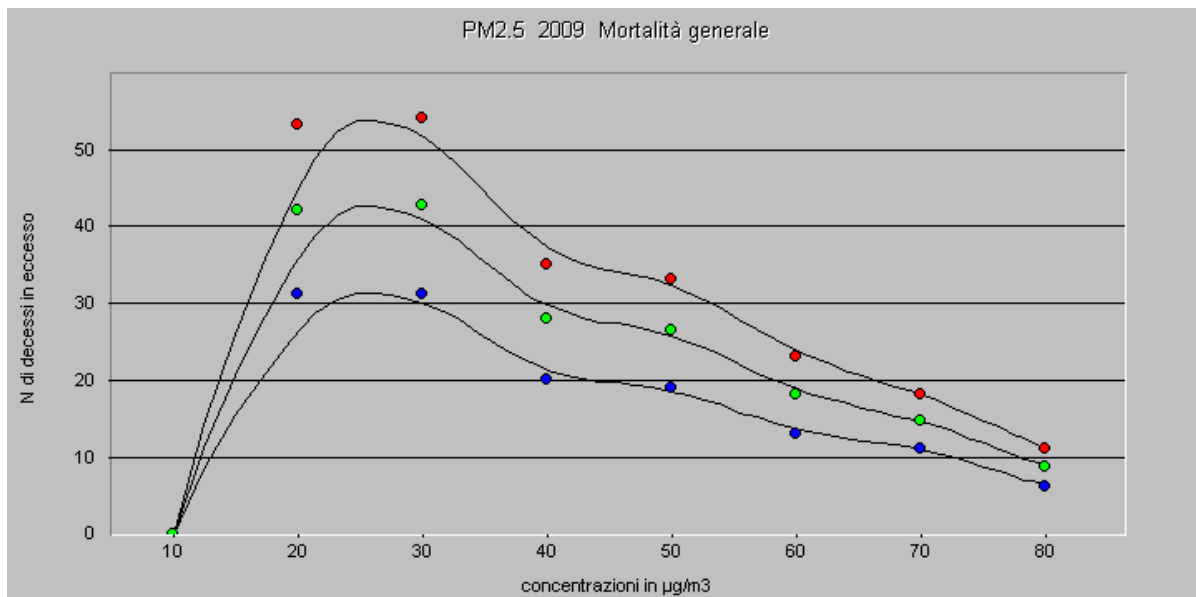


4.3 Stima dell'impatto sanitario del PM_{2,5}

La stima d'impatto è stata eseguita soltanto per gli effetti acuti sulla mortalità per cause naturali, l'unico esito di cui su AirQ è disponibile il Rischio Relativo (1,015; IC95%: 1,011-1,019). La seguente tabella riporta il numero dei decessi in eccesso attribuibili al PM_{2,5} in funzione della soglia di "non impatto" considerata con i corrispondenti RA espressi in percentuale e calcolati rispetto al totale della popolazione esposta a rischio, per la mortalità generale (ICDX da A00 a R99 nel 2009 e ICDIX <800 nel 2008).

| Provincia di Bologna | | Valore limite PM _{2,5} (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | |
|---------------------------|---------------------------|--|------------------|
| | | >20 | >10 |
| Mortalità Generale | | | |
| 2008 Tasso = 1096 | Stima N morti (IC 95%) | 100 (73-126) | 199 (147-251) |
| | RA % (IC95%) | 1,07 (0,79-1,35) | 1,86 (1,37-2,35) |
| 2009 Tasso = 1121 | Stima N morti (IC 95%) | 84 (62-106) | 180 (133-227) |
| | RA % (IC 95%) | 0,89 (0,65-1,12) | 1,64 (1,21-2,07) |

Nel 2009 la stima del numero di morti ed il RA% sono diminuiti rispetto all'anno precedente. La figura seguente mostra come sono distribuiti i 180 morti in eccesso (linea centrale, le altre due curve rappresentano i relativi intervalli di confidenza), alla soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in base alle concentrazioni di $\text{PM}_{2,5}$ nel 2009, 43 decessi avvengono a concentrazioni tra i 20 ed i $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di $\text{PM}_{2,5}$.



4.4 Stima dell'impatto sanitario dell'Ozono

4.4.1 Impatto sui decessi

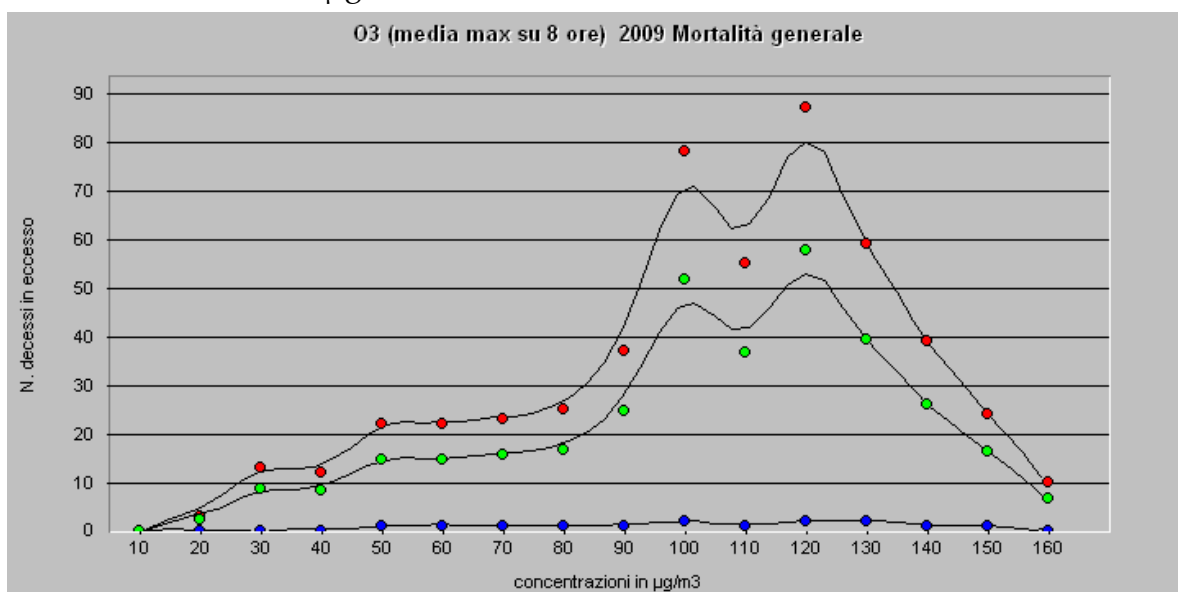
Anche in questo caso per gli esiti sanitari considerati nello studio di impatto si sono utilizzati i valori dei rischi relativi (RR) implementati nel software e desunti dalla letteratura con i relativi limiti di confidenza al 95%.

La stima dei morti in eccesso ed il RA% nel territorio della provincia di Bologna, da attribuire all'ozono effettuata alle soglie di 10, 60 e $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è riportata nella tabella seguente.

| Provincia di Bologna | | Soglia di Ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | | |
|---------------------------|---------------------------|--|------------------|------------------|
| | | >110 | >60 | >10 |
| Mortalità Generale | | | | |
| 2008 Tasso = 1096 | Stima N morti (IC 95%) | 15 (1-23) | 100 (4-152) | 297 (12-447) |
| | RA % (IC95%) | 0,72 (0,02-1,09) | 1,46 (0,05-2,22) | 2,79 (0,11-4,21) |
| 2009 Tasso = 1121 | Stima N morti (IC 95%) | 20 (1-30) | 136 (5-206) | 339 (14-510) |
| | RA % (IC95%) | 0,59 (0,02-0,90) | 1,95 (0,08-2,95) | 3,09 (0,12-4,65) |

| Provincia di Bologna | | Soglia di Ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | | |
|----------------------------------|---------------------------|--|------------------|-------------------|
| | | (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | | |
| | | >110 | >60 | >10 |
| Mortalità Cardiovascolare | | | | |
| 2008 Tasso = 312 | Stima N morti (IC 95%) | 3 (0-5) | 22 (0-33) | 67 (0-99) |
| | RA % (IC95%) | 0,56 (0,0-0,84) | 1,15 (0,0-1,71) | 2,20 (0,0-3,27) |
| 2009 Tasso = 332 | Stima N morti (IC 95%) | 5 (0-7) | 32 (0-47) | 79 (0-118) |
| | RA % (IC95%) | 0,46 (0,0-0,70) | 1,54 (0,0-2,29) | 2,43 (0,0-3,61) |
| Mortalità Respiratoria | | | | |
| 2008 Tasso = 106 | Stima N morti (IC 95%) | 4 (1-6) | 23 (9-38) | 68 (26-108) |
| | RA % (IC95%) | 1,74 (0,64-2,86) | 3,5 (1,32-5,70) | 6,6(2,5-10,48) |
| 2009 Tasso = 102,1 | Stima N morti (IC 95%) | 4 (2-7) | 30 (11-48) | 72 (28-115) |
| | RA % (IC95%) | 1,44 (0,53-2,40) | 4,65 (1,76-7,50) | 7,24 (2,79-11,50) |

Nel 2009, considerando le soglie di non impatto di 10 e 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, si assiste ad un aumento del RA% e del numero di morti in eccesso sia per la mortalità generale che per quella specifica rispetto al 2008. L'aumento del RA% non si registra invece alle soglie di non impatto di 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Si sottolinea che tra il 2008 ed il 2009 due centraline che monitoravano l'ozono e che erano state incluse nella valutazione di impatto del 2008¹⁵ sono state disattivate e quindi come già sottolineato in precedenza il confronto tra i due anni deve essere fatto con cautela. La figura seguente mostra la distribuzione dei 339 (IC 95%: 14-510) decessi in eccesso e relativi intervalli di confidenza alle varie concentrazioni di ozono avendo come riferimento la soglia di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'andamento mostra un picco, pari 58 casi in eccesso, tra i 110 ed i 119 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ozono.



4.4.2 Impatto sui ricoveri

La stima dei ricoveri in eccesso, nel territorio della provincia di Bologna, da attribuire all'ozono è stata effettuata alle soglie di 10, 60, 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

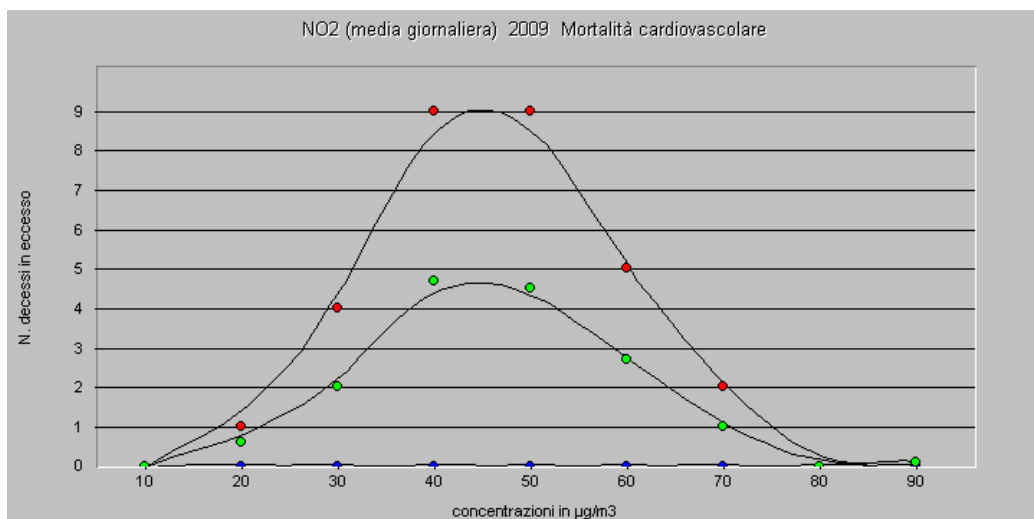
| Ricoveri Provincia di Bologna | | Soglia di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sui ricoveri) | | |
|--|-------------------------------|--|------------------|------------------|
| | | >110 | >60 | >10 |
| Malattie respiratorie - età 15-64 anni | | | | |
| Tasso = 456 | Stima N ricoveri (IC 95%) | 6 (3-10) | 43 (18-67) | 106 (46-164) |
| | RA % (IC 95%) | 0,72 (0,30-1,13) | 2,36 (1,00-3,68) | 3,73 (1,60-5,77) |
| Malattie respiratorie - età >64 anni | | | | |
| Tasso = 3087 | Stima N ricoveri (IC 95%) | 19 (9-29) | 131 (63-197) | 325 (158-484) |
| | RA % (IC 95 %) | 0,87 (0,42-1,33) | 2,88 (1,38-4,33) | 4,53 (2,20-6,76) |
| BPCO | | | | |
| Tasso = 187 | Stima N ricoveri (IC 95 %) | 6 (3-8) | 38 (20-56) | 93 (49-138) |
| | RA% (IC 95%) | 0,99 (0,51-1,49) | 3,24 (1,69-4,83) | 5,10 (2,67-7,51) |

4.5 Stima dell'impatto sanitario del Biossido d'Azoto (NO_2)

La stima d'impatto, per quel che concerne la mortalità, è stata eseguita soltanto per gli effetti acuti dovuti alle patologie cardiovascolari, che è l'unico esito di cui in AirQ è disponibile il RR (1,002; IC95%: 1,0÷1,004). La tabella seguente riporta il numero dei decessi per patologie cardiovascolari attribuibili al biossido di azoto in funzione della soglia di "non impatto" considerata con i corrispondenti RA% nel 2008 e nel 2009. Le stime relative ai due anni si basano su dati raccolti da centraline in parte diverse.

| Provincia di Bologna | | Valore limite NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | |
|----------------------------------|---------------------------|--|-----------------|
| | | >40 | >10 |
| Mortalità Cardiovascolare | | | |
| 2008 Tasso = 305 | Stima N morti (IC 95%) | 5 (0-10) | 21 (0-41) |
| | RA % (IC95%) | 0,21 (0-0,42) | 0,69 (0-1,37) |
| 2009 Tasso = 332 | Stima N morti (IC 95%) | 2 (0-4) | 16 (0-31) |
| | RA % (IC 95%) | 0,10 (0,0-0,21) | 0,48 (0,0-0,96) |

La figura seguente mostra come sono distribuiti i morti in eccesso (linea centrale, le altre due curve rappresentano i relativi intervalli di confidenza) alla soglia di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alle diverse concentrazioni di questo inquinante nel 2009.



4.6 Gli anni di vita persi

L'indicatore "ANNI di VITA PERSI" (Years of Life Lost - YOLL) è un parametro che rende, forse, più concretamente visibile il danno prodotto dal persistere dell'inquinamento atmosferico rispetto al numero dei morti attribuibili calcolato in precedenza.

Tenendo conto che muoiono persone di età diverse, il danno subito dall'intera collettività, è stimato in termini di anni di vita perduti. Anche per questa stima si è utilizzato il software AirQ, versione 2.2.3, che prevede l'uso di concentrazioni di PM_{2,5}⁶.

Utilizzando la soglia di non effetto di 15 µg/m³ (fissato per il confronto tra studi europei) si ottiene la "speranza di vita" espressa in anni per ogni età e gli "anni di speranza di vita persi" a seguito dell'esposizione ai livelli raggiunti dal PM_{2,5} nel 2009. Nella tabella seguente la colonna "% impatto" fornisce il valore di quanto gli anni persi incidono sul totale di anni di speranza di vita per ogni classe d'età considerata.

| Età | Speranza di vita (anni) | Anni persi | (Limiti di Confidenza al 95 %) | % impatto |
|-----|-------------------------|------------|--------------------------------|-----------|
| 0 | 81.96 | 0.27 | (0,07-0,47) | 0.33 |
| 5 | 77.11 | 0.27 | (0,07-0,48) | 0.35 |
| 10 | 72.19 | 0.27 | (0,07-0,48) | 0.37 |
| 20 | 62.40 | 0.27 | (0,07-0,48) | 0.43 |
| 30 | 52.69 | 0.28 | (0,07-0,48) | 0.53 |
| 50 | 33.57 | 0.26 | (0,07-0,44) | 0.77 |
| 65 | 20.30 | 0.22 | (0,06-0,38) | 1.08 |
| 80 | 9.17 | 0.16 | (0,04-0,27) | 1.74 |
| 100 | 1.96 | 0.06 | (0,02-0,10) | 3.06 |
| 110 | 0.80 | 0.00 | (0,00-0,01) | 0 |

La tabella si legge nel seguente modo: un bambino nato nel 2009 in provincia di Bologna, in base alla struttura per età della popolazione e al tasso di mortalità generale avvenuto nel 2009, ha una speranza di vita di circa 82 anni. Di questi però più di tre mesi sono perduti a causa dell'esposizione ai livelli d'inquinamento da PM_{2,5} del 2009. In altre parole lo 0,33 % della sua speranza di vita va perduta per i livelli di inquinamento da PM_{2,5}. Sono soprattutto le fasce di popolazione anziana a pagare il maggior tributo in termini di speranza di vita perduta. L'inquinamento ha un impatto via via crescente sulla speranza di vita a partire dai 50 anni. Dai 65 anni in poi, più del 1% della speranza di vita viene perduta a causa dell'inquinamento.

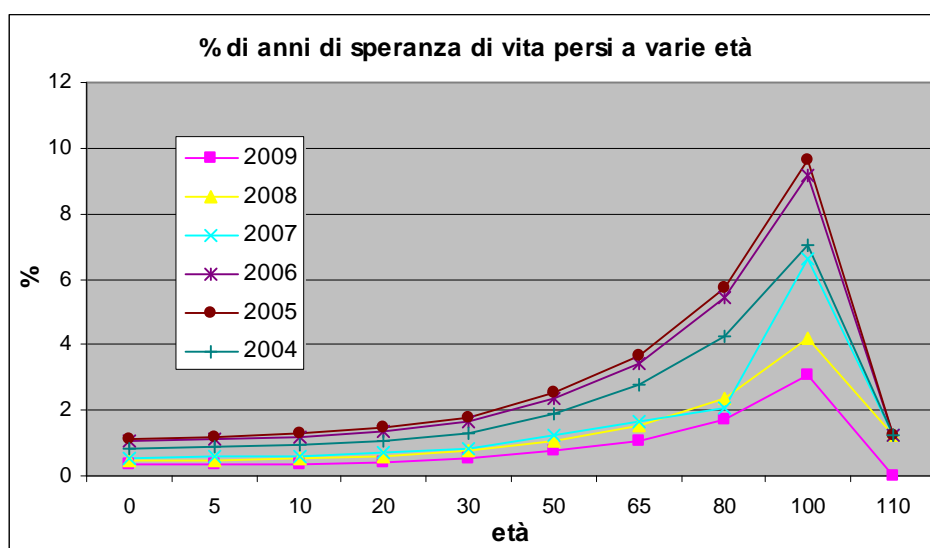
Il programma utilizzato fornisce anche questi risultati:

| Anni di vita persi nel corso del 2009 (IC al 95 %) | Tasso x 100 mila residenti |
|--|----------------------------|
| Tutte le età | 161,85 (42,91 – 278,39) |
| < 65 anni | 17,46 (4,63 – 30,01) |

In pratica la popolazione provinciale nel 2009 ha perduto oltre 160 anni di vita (IC 95% 42-2788 anni). Questo valore può essere letto anche come 16,3 anni di vita perduti ogni 100 mila abitanti. Nel 2008 gli anni di vita persi erano 219 (IC 95% 58-375) ossia il 22,5 anni per 100 mila abitanti.

La popolazione di età inferiore ai 65 anni (ma superiore a 30[§]) perde 17 anni di vita (2,3 anni ogni 100.000 abitanti) a causa dell'inquinamento da PM_{2,5}. Risulta quindi svantaggiata proprio la popolazione anziana.

Dalla figura è evidente come siano le fasce di popolazione anziana a pagare il maggior tributo in termini di speranza di vita perduta. Seppur la situazione abbia subito modifiche nel corso degli anni, la curva cresce rapidamente a partire dai 50 anni, fino ad arrivare intorno al valore massimo (3% nel 2009) all'età di 100 anni. L'impatto nel 2009 si conferma comunque migliorato rispetto agli anni precedenti.



[§] Il modello utilizzato da AirQ 2.2.3 considera solo la popolazione con più di 30 anni. Pertanto nel computo degli anni di vita persi attribuibili al PM_{2,5}, non entrano gli anni persi dai soggetti di età inferiore ai 30 anni.

5. VIS per il Comune di Bologna

5.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

5.1.1 Residenti

I dati di popolazione¹², per il Comune di Bologna necessari per il calcolo dei tassi grezzi di mortalità e di ospedalizzazione sono i seguenti:

| Comune di Bologna | Al 1/01/2009 | Al 31/12/2009 | media nel 2009 |
|-------------------|--------------|---------------|----------------|
| Tutte le età | 374.944 | 377.220 | 376.082 |
| 0-14 anni | 39.858 | 40.853 | 40.356 |
| 15-64 anni | 235.105 | 236.927 | 236.016 |
| >64 anni | 99.981 | 99.440 | 99.711 |

5.1.2 Mortalità

Il numero di residenti, deceduti¹³ in qualsiasi località, per le cause considerate, è riportato nella tabella seguente, insieme ai tassi grezzi di mortalità per 100.000 residenti:

| Mortalità Anno 2009 | Generale (ICD X rev. <= R99) | | per malattie del sistema cardiovascolare (ICD X I20-I67 e G45) | | per malattie dell'apparato respiratorio (ICD X J01-J99) | |
|------------------------|------------------------------|--------------|--|--------------|---|--------------|
| | Numero morti | Tasso grezzo | Numero morti | Tasso grezzo | Numero morti | Tasso grezzo |
| Comune di Bologna | 4.513 | 1.200,0 | 1327 | 352,85 | 430 | 114,34 |

5.1.3 Ricoveri

Il numero di residenti ricoverati era:

| Ricoveri residenti nel Comune di Bologna | | Numero | Tasso ospedalizzazione X 100.000 |
|---|--------------|--------|-------------------------------------|
| Malattie del sistema cardiovascolari (ICD IX 410-436) | Tutte le età | 7608 | 2023,0 |
| Malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519) | Tutte le età | 4987 | 1326,0 |
| | 15-64 anni | 1147 | 486,0 |
| | >64 anni | 3323 | 3332,6 |
| BPCO (ICD IX 490-492 e 495-496) | Tutte le età | 1045 | 277,9 |

5.2 Stima dell'impatto sanitario del PM₁₀

5.2.1 Impatto sui decessi

La stima di impatto è stata eseguita per gli effetti a breve termine sulla mortalità per tutte le cause (escluse le violente), la mortalità per cause cardiovascolare e mortalità per cause respiratorie.

La tabella seguente riporta il numero dei decessi attribuibili al PM₁₀ in funzione della soglia sotto la quale si considera nullo l'impatto ed i corrispondenti Rischi Attribuibili (RA) espressi in percentuale calcolati rispetto al totale della popolazione esposta a rischio nel periodo considerato.

| Comune di Bologna | | Valore limite di PM ₁₀ (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | | | |
|----------------------------------|---------------------------|--|------------------|------------------|------------------|
| | | >60 | >40 | >20 | >10 |
| Mortalità generale | | | | | |
| 2008 Tasso = 1278 | Stima N morti (IC 95%) | 6 (5-7) | 17 (14-20) | 48 (41-56) | 78 (66-90) |
| | RA % (IC 95%) | 0,73 (0,62-0,85) | 0,89 (0,75-1,03) | 1,03 (0,86-1,19) | 1,63 (1,37-1,89) |
| 2009 Tasso = 1200 | Stima N morti (IC 95%) | 3 (2-3) | 10 (8-12) | 38 (32-44) | 67 (56-78) |
| | RA % (IC 95%) | 0,5 (0,42-0,58) | 0,60 (0,50-0,70) | 0,85 (0,72-0,99) | 1,49 (1,25-1,73) |
| Mortalità Cardiovascolare | | | | | |
| 2008 Tasso = 343 | Stima N morti (IC 95%) | 2 (1-4) | 5 (3-11) | 14 (9-31,0) | 23 (14-50) |
| | RA % (IC 95%) | 0,79 (0,50-1,77) | 0,96 (0,60-2,14) | 1,11 (0,70-2,46) | 1,76 (1,10-3,88) |
| 2009 Tasso = 352,85 | Stima N morti (IC 95%) | 1 (1-2) | 3 (2-7) | 12 (8-27) | 21 (13-47) |
| | RA % (IC 95%) | 0,5 (0,34-1,21) | 0,65 (0,41-1,45) | 0,92 (0,58-2,05) | 1,61 (1,01-3,55) |
| Mortalità respiratoria | | | | | |
| 2008 Tasso = 118 | Stima N morti (IC 95%) | 1 (1-3) | 3 (2-8) | 7 (4-22) | 12 (8-34) |
| | RA % (IC 95%) | 1,19 (0,79-3,57) | 1,44 (0,96-4,30) | 1,66 (1,11-4,94) | 2,62 (1,76-7,66) |
| 2009 Tasso = 114 | Stima N morti (IC 95%) | 0 (0-1) | 2 (1-5) | 6 (4-18) | 10 (7-30) |
| | RA % (IC 95%) | 0,81 (0,54-2,45) | 0,97 (0,65-2,93) | 1,38 (0,92-4,12) | 2,39 (1,61-7,03) |

Confrontando i dati con l'anno precedente assistiamo ad una riduzione dell'impatto sulla mortalità generale, che per alcune soglie raggiunge il dimezzamento tra il 2008 e il 2009. Tale andamento si verifica anche per le altre cause di morte come si osserva nella tabella precedente.

Rispetto ai risultati della Provincia, i RA% sono leggermente superiori nel Comune di Bologna.

5.2.2 Impatto sui ricoveri

La tabella riporta per le patologie respiratorie e quelle cardiovascolari la stima del numero dei ricoveri, il RA% con i relativi limiti di confidenza al 95% per il Comune di Bologna.

| Ricoveri Comune di Bologna | | Valore limite PM ₁₀ (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sui ricoveri) | | | |
|---------------------------------|------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|
| | | >60 | >40 | >20 | >10 |
| Malattie respiratorie | | | | | |
| Tasso = 1326 | Stima N ricoveri (IC 95%) | 3(2-4) | 12 (7-17) | 46 (28-64) | 80(48-112) |
| | RA % (IC95%) | 0,54 (0,33-0,76) | 0,65 (0,39-0,91) | 0,92 (0,55-1,29) | 1,61 (0,97-2,24) |
| Malattie cardiovascolari | | | | | |
| Tasso = 2023 | Stima N ricoveri (IC 95%) | 5 (3-7) | 21 (14-30) | 78 (52-113) | 137 (92-197) |
| | RA% (IC 95%) | 0,61 (0,41-0,88) | 0,73 (0,49-1,05) | 1,04 (0,69-1,49) | 1,81 (1,21-2,59) |

5.3 Stima dell'impatto sanitario del PM_{2,5}

La tabella riporta le stime dell'impatto del PM_{2,5}.

| Comune di Bologna | | Valore limite PM _{2,5} (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | |
|---------------------------|---------------------------|--|------------------|
| | | >20 | >10 |
| Mortalità Generale | | | |
| 2008 Tasso = 1278 | Stima N morti (IC 95%) | 61 (45-77) | 112 (82-141) |
| | RA % (IC 95%) | 1,37 (1,01-1,73) | 2,34 (1,72-2,94) |
| 2009 Tasso = 1200 | Stima N morti (IC 95%) | 36 (26-45) | 76 (56-95) |
| | RA % (IC 95%) | 0,91 (0,67-1,16) | 1,67 (1,23-2,11) |

Come si vede le stime sono ridotte rispetto al 2008 sia quando queste sono calcolate per la soglia >10 che per la soglia >20.

5.4 Stima dell'impatto sanitario dell'Ozono

5.4.1 Impatto sui decessi

Di seguito le stime dei morti in eccesso, da attribuire all'Ozono alle diverse soglie nel 2008 e nel 2009. Rispetto all'anno precedente, nel 2009 si registra un lieve aumento della percentuale di morti attribuibili all'inquinamento da Ozono. Come negli anni precedenti prevale nettamente il rischio per la mortalità respiratoria, rispetto a quella cardiovascolare. Nella valutazione di impatto del 2008 erano stati utilizzati i dati di due centraline (Zanardi e Margherita)¹⁴.

A differenza di quanto avviene per il PM₁₀, in questo caso è la Provincia a registrare valori leggermente superiori sia per la mortalità generale (3,1% vs 2,8%) sia per quella causa specifica (mortalità respiratoria 7,1% vs 6,6% e mortalità cardiovascolare 2,4% vs 2,2%).

| Comune di Bologna | | Soglia di Ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | | |
|----------------------------------|---------------------------|--|------------------|-------------------|
| | | >110 | >60 | >10 |
| Mortalità Generale | | | | |
| 2008 Tasso = 1278 | Stima N morti (IC 95%) | 6 (0-9) | 38 (2-57) | 121 (5-182) |
| | RA % (IC95%) | 0,67 (0,03-1,02) | 1,39(0,06-2,12) | 2,52 (0,10-3,81) |
| 2009 Tasso = 1121 | Stima N morti (IC 95%) | 8 (0-11) | 45 (2-68) | 117 (5-177) |
| | RA % (IC95%) | 0,79 (0,03-1,02) | 1,86 (0,07-2,81) | 2,79 (0,11-4,20) |
| Mortalità Cardiovascolare | | | | |
| 2008 Tasso =343 | Stima N morti (IC 95%) | 1 (0,0-2) | 8 (0-12) | 26 (0-38) |
| | RA % (IC95%) | 0,53(0,0-0,79) | 1,09 (0,0-1,64) | 1,99 (0-2,96) |
| 2009 Tasso = 353 | Stima N morti (IC 95%) | 2 (0-3) | 11 (0-17) | 29 (0-43) |
| | RA % (IC95%) | 0,62 (0,0-0,93) | 1,46 (0,0-2,18) | 2,20 (0,0-3,26) |
| Mortalità Respiratoria | | | | |
| 2008 Tasso =118 | Stima N morti (IC 95%) | 1 (1-2) | 8 (3-14) | 26 (10-42) |
| | RA % (IC95%) | 1,62 (0,61-2,68) | 3,36 (1,26-5,46) | 5,97(2,28-9,55) |
| 2009 Tasso = 114 | Stima N morti (IC 95%) | 2 (1-3) | 11 (4-18) | 28 (11-45) |
| | RA % (IC95%) | 1,91 (0,71-3,14) | 4,43 (1,68-7,17) | 6,56 (2,52-10,47) |

5.4.2 Impatto sui ricoveri

Per quanto riguarda l'impatto sui ricoveri alle soglie predefinite di ozono le stime dei RA variano tra il 3,4% (ricoveri per malattie respiratorie nel gruppo di età 15-64) ed il 5,1% (ricoveri per BPCO) come presentato nella tabella seguente.

| Ricoveri Comune di Bologna | | Soglia di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sui ricoveri) | | |
|---|------------------------------|--|------------------|-----------------|
| | | >110 | >60 | >10 |
| Malattie respiratorie - età 15-64 anni | | | | |
| Tasso = 486 | Stima N ricoveri (IC 95%) | 3 (1-4) | 15 (6-23) | 39 (17-60) |
| | RA % (IC 95%) | 0,96 (0,40-1,50) | 2,25 (0,96-3,51) | 3,37(1,44-5,22) |

| Ricoveri Comune di Bologna | | Soglia di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sui ricoveri) | | |
|--|-------------------------------|--|------------------|------------------|
| | | >110 | >60 | >10 |
| Malattie respiratorie - età >64 anni | | | | |
| Tasso = 3332,6 | Stima N ricoveri (IC 95%) | 9 (4-13) | 53 (25-79) | 137 (66-204) |
| | RA % (IC 95 %) | 1,17 (0,56-1,77) | 2,74 (1,32-4,13) | 4,10 (1,98-6,12) |
| BPCO | | | | |
| Tasso =277,9 | Stima N ricoveri (IC 95 %) | 3 (2-5) | 19 (10-28) | 93 (49-138) |
| | RA% (IC 95%) | 1,32 (0,68-1,98) | 3,09 (1,61-4,60) | 5,10 (2,67-7,51) |

5.5 Stima dell'impatto sanitario dell'NO₂

La seguente tabella riporta il numero dei decessi per cause cardiovascolari attribuibili all'NO₂ alle soglie di 10, e 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

| Comune di Bologna | | Valore limite NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | |
|----------------------------------|---------------------------|--|-----------------|
| | | >40 | >10 |
| Mortalità Cardiovascolare | | | |
| 2008 Tasso = 343 | Stima N morti (IC 95%) | 4 (0 -8) | 11 (0 -22) |
| | RA % (IC95%) | 0,35 (0 -0,69) | 0,87 (0—1,72) |
| 2009 Tasso = 353 | Stima N morti (IC 95%) | 3 (0-6) | 10 (0-20) |
| | RA % (IC 95%) | 0,26 (0,0-0,50%) | 0,75 (0,0-1,49) |

L'impatto si è ridotto rispetto all'anno precedente, le cui stime sono ottenute su dati raccolti da centraline in parte diverse¹⁴.

Rispetto all'analogo dato calcolato per tutta la Provincia, si rilevano valori di RA% superiori: considerando la soglia di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nel 2009 a Bologna il RA% risulta pari a 0,75, vs. 0,48 del totale della Provincia.

5.6 Gli anni di vita persi

I valori di PM_{2,5} utilizzati per il calcolo degli anni di vita persi derivano dalla Centralina di via S. Felice.

Una volta definito il livello soglia della concentrazione di PM sotto la quale non si prevedono effetti sulla salute, che nel nostro caso è stato fissato in 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, si ottiene la "speranza di vita" in anni per ogni età e gli anni di vita persi a seguito dell'esposizione alle concentrazioni di PM_{2,5} come mostrato nella seguente tabella.

| Età | Speranza di vita (anni) | Anni persi | (Intervallo di confidenza al 95 %) | % impatto |
|-----|-------------------------|------------|------------------------------------|-----------|
| 0 | 81,09 | 0,26 | (0,07– 0,46) | 0,32 |
| 5 | 76,20 | 0,26 | (0,07– 0,46) | 0,34 |
| 10 | 73,26 | 0,27 | (0,07– 0,47) | 0,37 |
| 20 | 63,38 | 0,27 | (0,07– 0,47) | 0,43 |
| 30 | 53,59 | 0,27 | (0,07– 0,47) | 0,50 |
| 50 | 34,18 | 0,26 | (0,07– 0,45) | 0,76 |
| 65 | 20,85 | 0,22 | (0,06– 0,41) | 1,06 |
| 80 | 9,62 | 0,16 | (0,04– 0,28) | 1,66 |
| 100 | 2,11 | 0,06 | (0,02– 0,11) | 2,84 |
| 110 | 0,81 | 0,00 | (0,00– 0,01) | 0,00 |

In pratica un bambino nato nel 2009 nel comune di Bologna ha, in base alla struttura della popolazione e al tasso di mortalità generale, la speranza di vivere 81,09 anni. Di questi però più di tre mesi vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM_{2,5} del 2009. La stima degli anni persi è diminuita rispetto all'analoga del 2008 e questo si ripercuote positivamente su tutti gli indicatori correlati.

Il programma fornisce alcuni altri indicatori, i cui dati vengono presentati di seguito.

| Anni di vita persi nel corso del 2009 (IC al 95 %) | Tasso x 100 mila residenti |
|--|----------------------------|
| Tutte le età | 66,56 (17,65 – 114,48) |
| < 65 anni | 5,74 (1,52 – 9,87) |

Nel complesso nel 2009 a Bologna l'insieme degli anni di vita persi è di 66,56 (IC 95%: 17,65-114,48), ossia 17,59 anni di vita persi ogni 100 mila abitanti. Nel 2008 l'insieme di anni di vita persi era 94,08 (IC95% 25-161) ossia 25,02 anni di vita persi ogni 100 mila abitanti.

6. Confronto temporale

Come già precedentemente detto la valutazione dell'impatto della qualità dell'aria del 2009 deve essere confrontata con quella degli anni precedenti con molta cautela, sia per i cambiamenti delle centraline, sia per il nuovo sistema di codifica delle cause di mortalità.

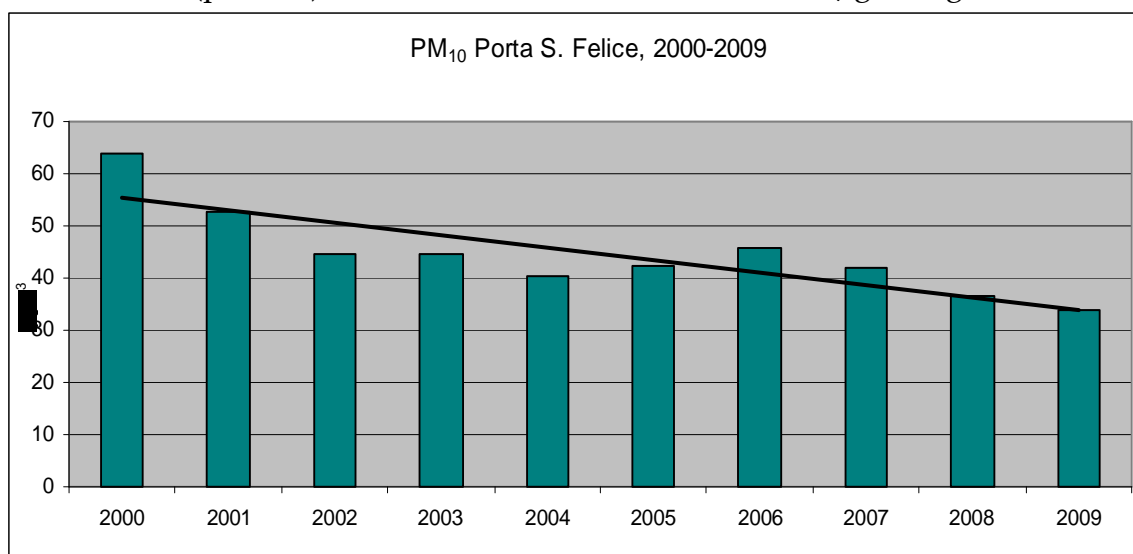
In questa sede baseremo i confronti con dati ambientali provenienti dalla stessa centralina e studieremo solo i RA% che non sono sensibili alle modifiche introdotte dal nuovo sistema di codifica della mortalità. In ogni caso riferendosi alla mortalità generale i cambiamenti nella codifica non dovrebbero portare nessuna variazione.

Per quanto riguarda i livelli di concentrazione di PM₁₀ e gli effetti sulla salute, i confronti sono effettuati utilizzando soltanto i dati provenienti dalla centralina di S. Felice per la quale è presente una continuità di rilevazione completa dal 2000 al 2009, e che sono riassunti nella seguente tabella:

| Anno | n. dati | Media | d.s. | 25°perc. | Mediana | 75°perc. |
|------|---------|-------|------|----------|---------|----------|
| 2000 | 303 | 64 | 36,9 | 38,5 | 53,0 | 75,0 |
| 2001 | 246 | 53 | 28,6 | 31,0 | 49,0 | 70,0 |
| 2002 | 341 | 45 | 32,2 | 23,0 | 36,0 | 55,0 |
| 2003 | 335 | 45 | 23,7 | 25,5 | 38,0 | 55,5 |
| 2004 | 318 | 40 | 20,9 | 21,3 | 33,0 | 51,0 |
| 2005 | 337 | 42 | 19,9 | 28,0 | 37,0 | 53,0 |
| 2006 | 321 | 45 | 26,3 | 28,0 | 39,0 | 56,0 |
| 2007 | 345 | 42 | 22,8 | 25,0 | 35,0 | 55,0 |
| 2008 | 351 | 37 | 20,4 | 23,0 | 31,0 | 44,0 |
| 2009 | 357 | 34 | 16,7 | 23,0 | 29,0 | 40,0 |

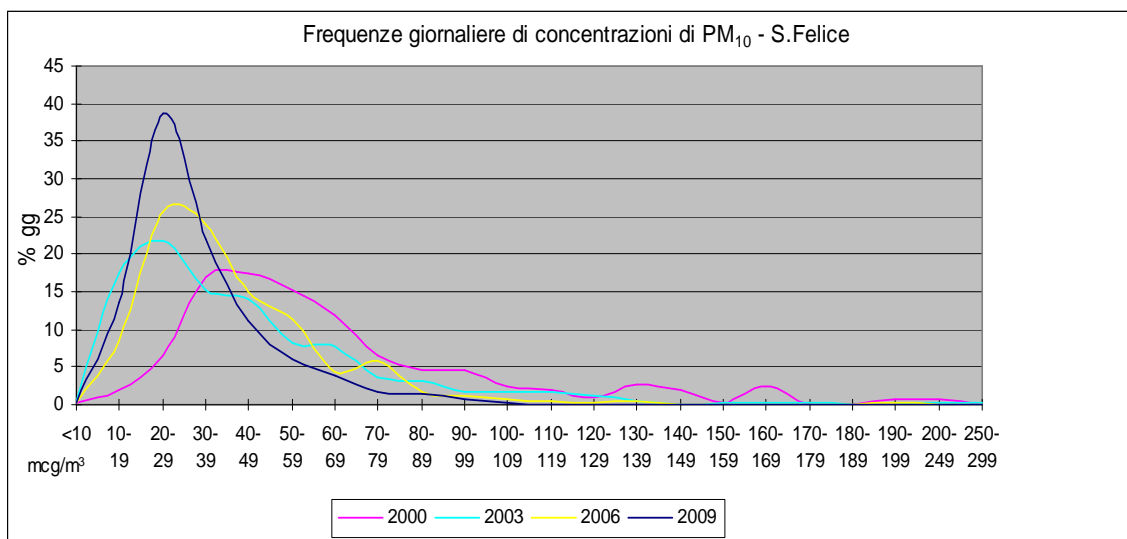
Nel periodo considerato sia la media che la mediana tendono a diminuire, con una breve crescita negli anni 2005 e 2006.

Il grafico successivo mostra l'andamento delle medie annuali di concentrazione di PM₁₀ rilevati a Porta S.Felice fino al 2009. Utilizzando tali dati si evidenzia un trend lineare significativamente ($p=0,002$) con una diminuzione media di 2,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ogni anno.

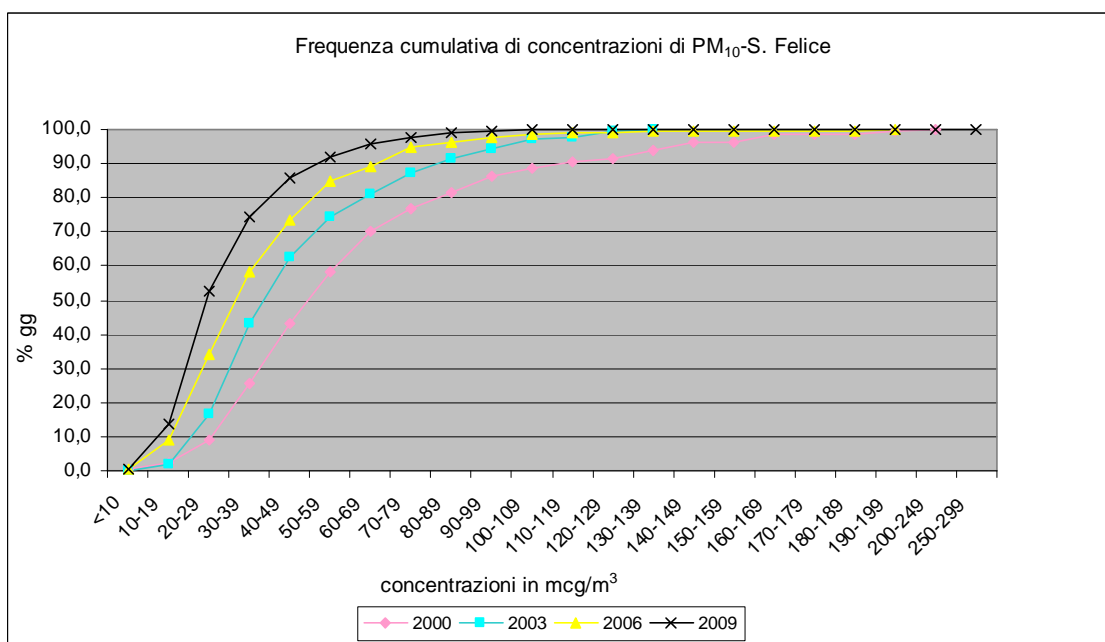


La media annuale delle concentrazioni da sola però non spiega la complessità del fenomeno. Infatti tale valore tende a “spalmare” lungo il corso dell’anno eventi particolarmente gravosi che potrebbero da soli dar conto degli effetti sanitari osservati.

E’ opportuno allora considerare la distribuzione di frequenza delle concentrazioni in termini di numerosità giornaliera, suddivise per classi di concentrazione. Il grafico che ne risulta è il seguente:



Dal 2000 al 2009 aumenta l’asimmetria, perché le concentrazioni più frequenti si spostano nella parte sinistra del grafico, quelle più basse, e con una minore dispersione verso i valori più elevati. Si assiste pertanto ad una lenta, ma costante riduzione dei livelli di concentrazione misurati dalla centralina di S. Felice. Tra l’altro nel 2009 non si sono presentate gobbe e i valori estremi non superano i $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

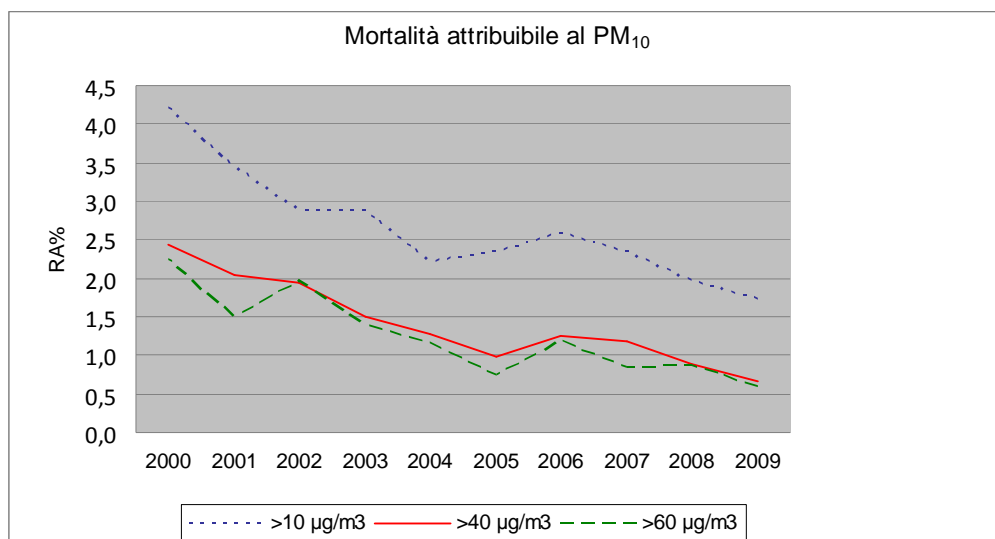


Se

consideriamo la distribuzione delle giornate con concentrazioni superiori a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, limite previsto dalla normativa per il 2009, si nota come meno del 10% delle giornate ha valori

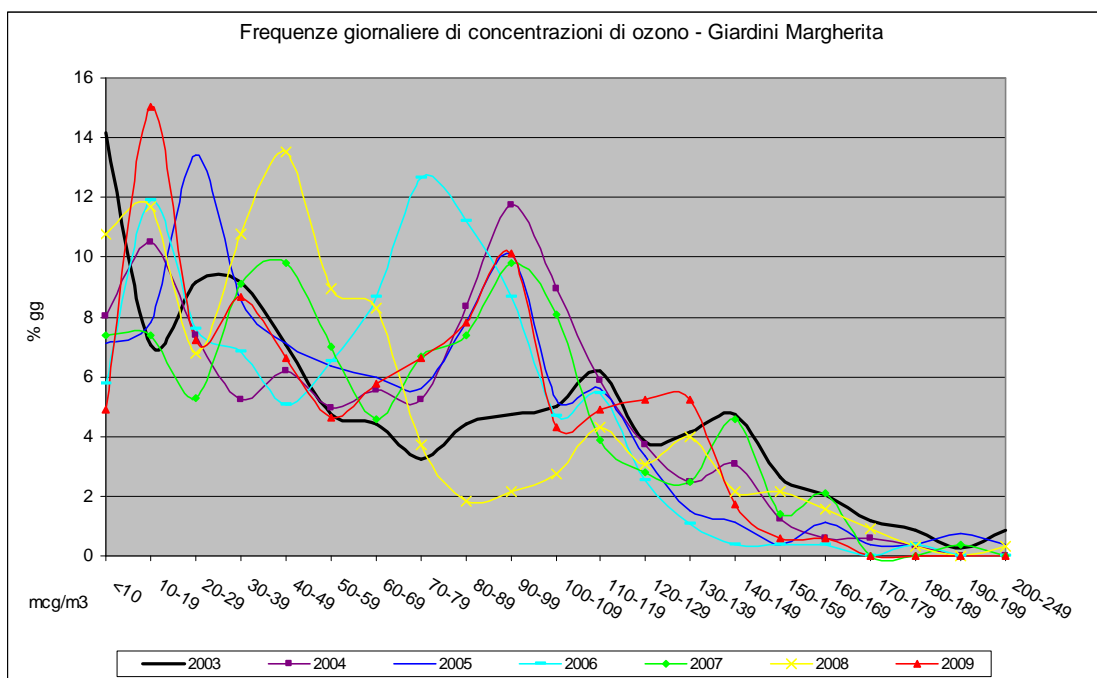
superiori (vedasi grafico precedente). Tali giornate erano ben oltre il 50% nel 2000, e oltre il 25% nel 2006.

Per quanto riguarda l'impatto sulla mortalità generale nella provincia di Bologna espresso come RA%, l'andamento che si otterrebbe alle diverse soglie utilizzando i dati di concentrazione della centralina di Porta S. Felice, è rappresentato nella seguente figura:

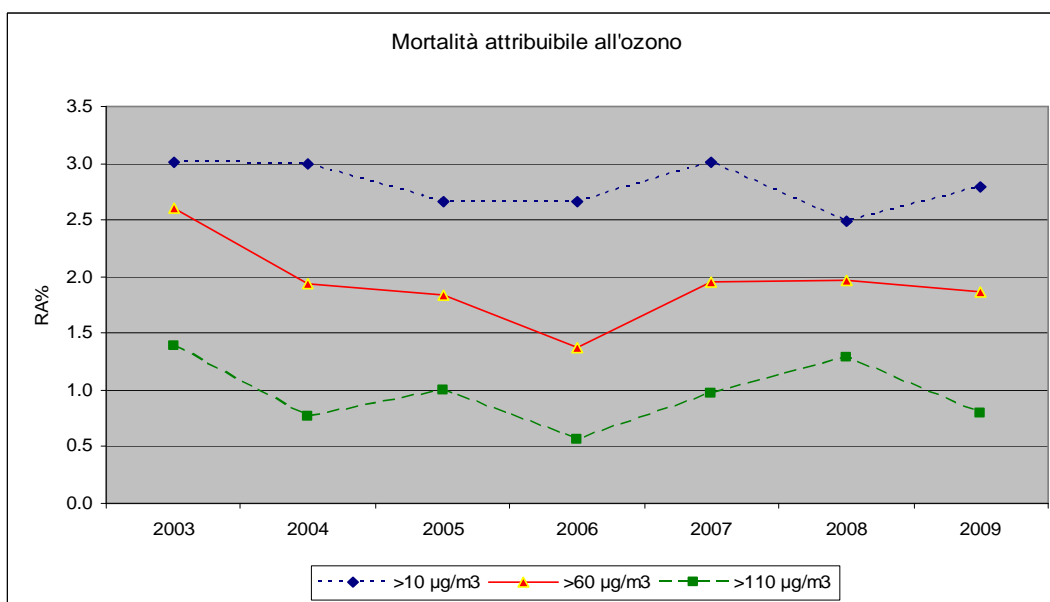


Quello che si nota è che gli effetti sanitari alle soglie considerate segnano tutte un decremento e sono addirittura inferiori ai valori riscontrati nel 2005, che rappresenta l'anno migliore in questi termini.

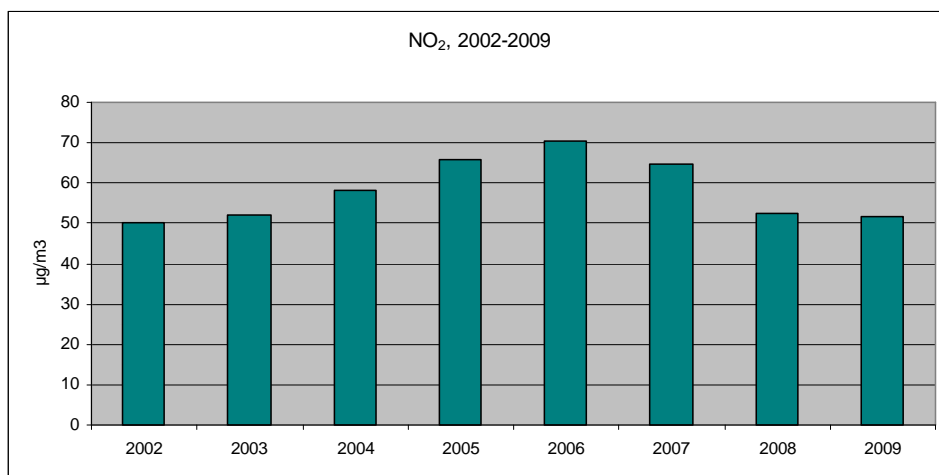
Un secondo confronto storico è possibile con i dati dell'ozono rilevati dalla stessa centralina (Giardini Margherita). Considerando la distribuzione di frequenza delle concentrazioni in termini di numerosità giornaliera, suddivise per classi di concentrazione, il grafico che ne risulta è molto diverso da quello precedente relativo al PM₁₀. Non si osserva infatti un chiaro spostamento delle curve verso i valori più bassi. Nel 2009 si ha un maggior numero di giorni a concentrazioni inferiori ai 20 rispetto agli anni precedenti, ma anche un elevato numero di giorni tra i 90-99 µg/m³ e tra i 130 e 139 µg/m³.



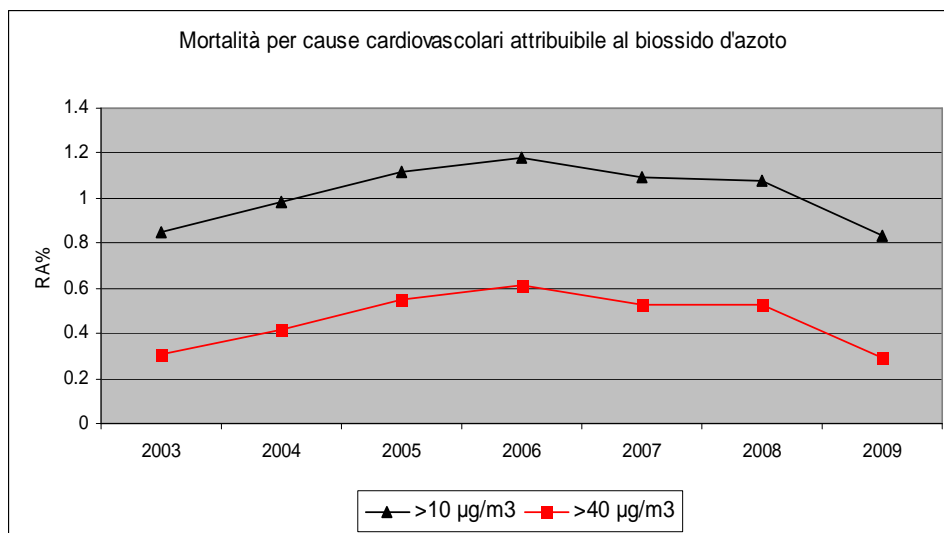
Studiando le concentrazioni medie annuali o estiva, del periodo 2000-2009, non emerge alcun trend significativo di diminuzione o aumento ($p > 0.05$). Conseguentemente anche la mortalità generale attribuibile all'ozono non subisce variazioni di rilievo.



Per quanto riguarda le concentrazioni medie annue del NO₂ (concentrazioni medie annue) rilevate presso Porta San Felice, si osserva un aumento dei valori dal 2002 al 2006 e una loro riduzione successiva.

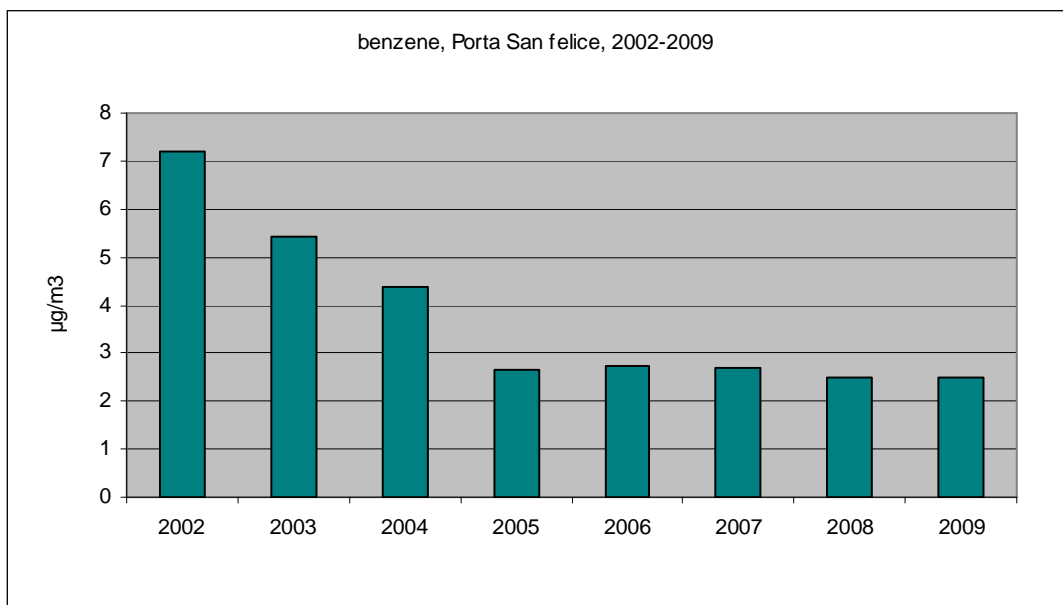


Simile andamento ha anche l'impatto sanitario del biossido di azoto sulla mortalità per cause cardiovascolari.

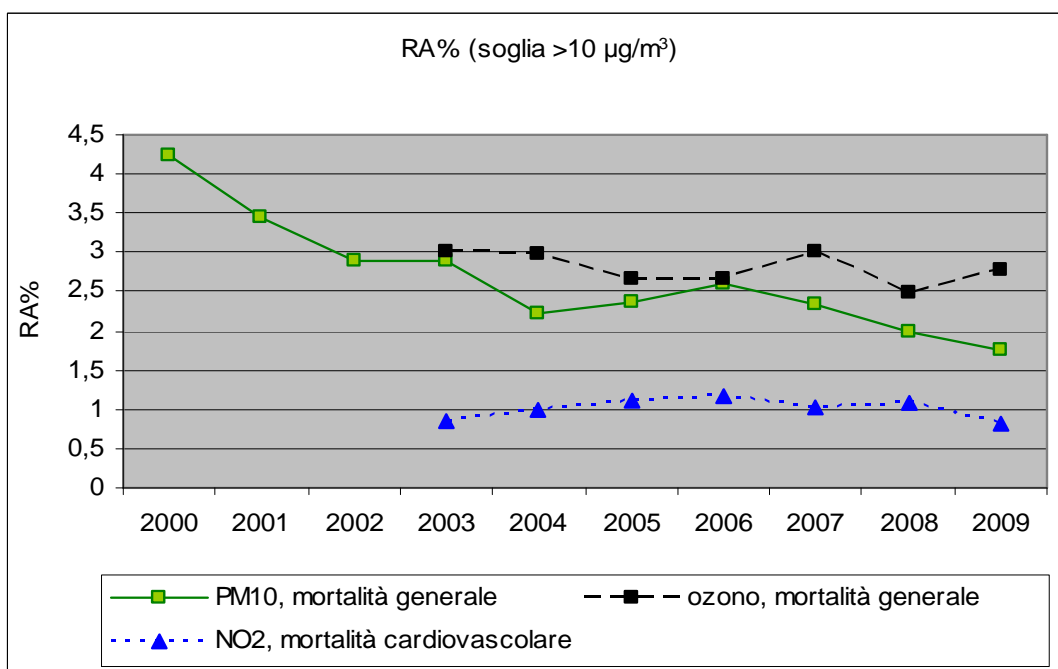


Per completezza riportiamo anche le concentrazioni medie del benzene rilevate presso la centralina di Porta San Felice^h.

^hI valori medi del 2002, 2008 e 2009 sono ottenuti da una percentuale di dati inferiori al 90%



Si registra una riduzione dell'inquinante tra il 2002 ed il 2005, e successivamente una sua sostanziale stabilità.



Come si vede dalla figura precedente, possiamo concludere questo paragrafo osservando che le concentrazioni medie annuali e l'impatto sanitario hanno un andamento temporale differente a seconda dell'inquinante.

7. Considerazioni e conclusioni

La valutazione di impatto sanitario degli inquinanti del 2009 conferma sostanzialmente le considerazioni principali già emerse negli anni precedenti.

La maggior parte dei limiti normativi previsti sia a livello provinciale che comunale da parte degli inquinanti considerati sono rispettati, alcuni inquinanti come le polveri registrano un chiaro trend in riduzione, ma ancora questi miglioramenti, che si ripercuotono favorevolmente anche sull'impatto sulla salute non sono sufficienti e la riduzione degli inquinanti deve rimanere un obiettivo ancora importante.

Anche quest'anno si conferma il diverso andamento che i vari inquinanti hanno avuto nel tempo in termini di concentrazioni medie annue e conseguentemente anche in termini di impatto sanitario. Il confronto con gli anni precedenti indica una sostanziale stabilità dell'impatto sanitario esercitato dal biossido di azoto e dall'ozono ed una importante riduzione di quello delle polveri. Con la riduzione del numero di giornate caratterizzate da elevate concentrazioni di polveri, l'impatto sanitario diventa via via meno rilevante, tuttavia, l'impatto sulla mortalità si mantiene superiore all'1% quando si considerano soglie di "non impatto" più basse. Inoltre poiché in realtà non esistono valori di "non impatto" è auspicabile che il trend in riduzione continui anche se molte centraline hanno raggiunto i limiti di legge.

Il diverso andamento che i vari inquinanti hanno avuto nel tempo non è facilmente spiegabile. Nel corso degli ultimi anni sono state adottate varie misure per contenere gli inquinanti. Oltre agli accordi per il controllo del traffico autoveicolare nei mesi invernali, sono stati realizzati interventi mirati a ridurre le emissioni in atmosfera (bollino blu, incentivi per l'acquisto e la trasformazione di veicoli più ecocompatibili), a incentivare il trasporto collettivo (car sharing e poling) e a istituire zone a traffico limitato. A tutt'oggi, l'efficacia di questi interventi non è chiara. Gli studi di valutazione condotti a livello internazionale lasciano molte incertezze interpretative¹⁵⁻¹⁸, difficile è la stima degli effetti a causa del sovrapporsi di interventi adottati su scala locale e interventi di carattere più generale¹⁹⁻²⁰. A queste misure per contenere gli inquinanti si deve poi combinare un altro elemento fondamentale, la meteorologia in tutte le sue componenti: temperatura, precipitazioni, altezza del rimescolamento, ecc. E proprio alla meteorologia può essere attribuibile una parte dell'andamento degli inquinanti.

Il chiaro trend in riduzione del PM e del benzene è però difficilmente attribuibile ai soli fattori meteorologici, suggerendo perciò che alcune di queste misure (gli interventi di miglioramento dei carburanti ad esempio) abbiano avuto un certo effetto. Mentre le stesse misure non hanno evidentemente avuto lo stesso effetto su altri inquinanti, come il biossido di azoto e l'ozono, con caratteristiche chimico fisiche e modalità di formazione e diffusione differenti. Ambedue gli inquinanti non sembrano avere un chiaro trend in riduzione o aumento e le variazioni che si osservano tra un anno e l'altro potrebbero di fatto essere attribuibili più a variazioni meteorologiche annuali.

La Valutazione Sanitaria della Qualità dell'Aria è condotta mediante l'uso del software AirQ dell'OMS, uno strumento validato per la misura dell'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico, utilizzabile anche per confronti tra realtà diverse²¹, purché vengano rispettati gli standard richiesti per l'immissione dei dati.

La valutazione con AirQ si limita però a studiare l'impatto sanitario degli inquinanti in termini di mortalità e ricoveri e non valuta l'impatto che gli stessi inquinanti (e le loro variazioni temporali) possono avere su altre dimensioni non solo sanitarie (ad es. equità) e su altri determinanti importanti per la salute ed il benessere delle persone.

Occorre poi tenere presente che la valutazione con questo software si basa su varie assunzioni. Tra queste abbiamo già parlato a proposito dell'esposizione della popolazione ai vari inquinanti: si è assunto come valore dell'esposizione media della popolazione provinciale la media dei valori di concentrazione giornaliera (od oraria) forniti dalle varie centraline della provincia. E similmente, in presenza di dati provenienti da più centraline, si è assunto come valore dell'esposizione media della popolazione del comune la media dei valori forniti dalle centraline del comune. Inoltre AirQ si basa, su RR derivati da ricerche condotte prevalentemente negli USA e calcolati all'inizio degli anni 2000 la cui trasferibilità ad oggi non va data per scontata. E proprio nell'ambito del progetto Epiair²², il confronto dei dati di due periodi (1996-2002 vs 2001-2005) indica un aumento delle stime di effetto degli inquinanti passando dal periodo 1996-2002 al periodo 2001-2005. Tale aumento della pericolosità potrebbe essere dovuto a una migliorata qualità dei dati, a variazioni meteorologiche (temperatura) o ad una diversa composizione chimica degli inquinanti negli archi temporali considerati²²⁻²³. Se queste evidenze venissero confermate, l'impatto risulterebbe aumentato. L'impatto potrebbe aumentare anche con l'aumentare della prevalenza di individui cosiddetti suscettibili. Vari studi²⁴⁻²⁹ hanno evidenziato infatti che le persone più anziane, quelle con particolari co-morbidità o appartenenti a livelli socioeconomici più bassi sono più vulnerabili agli effetti dell'inquinamento. Il progetto Supersito e lo studio multicentrico EPIAIR 2 che vedono coinvolta l'AUSL di Bologna, rappresentano sicuramente iniziative importanti per chiarire questi aspetti e colmare le lacune conoscitive messe in luce in questo rapporto sia relativamente agli aspetti ambientali che a quelli sanitari anche al fine di promuovere interventi più efficaci.

Note Bibliografiche

1. WHO air quality guidelines global update 2005 – Report on a working group meeting, Bonn, Germany, 18-20 october 2005 (<http://www.euro.who.int/Document/E87950.pdf>)
2. M.Martuzzi et al. "Health Impact of PM10 and Ozone in 13 italian cities", OMS Regional Office for Europe 2006
3. Decreto legislativo 15 agosto 2010 n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" G. U. n. 216 del 15 settembre 2010 - Suppl. Ordinario n. 217
4. Scarnato C, Pipitone E. Rapporto sulla Valutazione Sanitaria della qualità dell'aria a Bologna - Anno 2006 AUSL di Bologna, 2007
5. ARPA Sezione provinciale di Bologna. Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Provincia di Bologna. Report dei dati 2009. Giugno 2010.
6. Air Quality Impact Assessment Tool prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health". (http://euro.who.int/eprise/main/WHO/Progs/Activities/20040428_2)
7. DPR 23 maggio 2003. Suppl. Ord. N. 95 – G.U. n. 139 del 18 giugno 2003 – serie generale
8. DECRETO LEGISLATIVO 21 maggio 2004, n.183. Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria. G. U. N. 171 del 23 Luglio 2004
9. DM 2 aprile 2002 n. 60. Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 e della direttiva 2000/69/CE. G.U. Suppl. Ordin. n° 87 del 13/04/2002
10. Rapporto sulla Valutazione Sanitaria della qualità dell'aria a Bologna - Anno 2004

11. CDC. International Classification of Diseases, Tenth Revision, Clinical Modification (ICD-10-CM). <http://www.cdc.gov/nchs/icd/icd10cm.htm>
12. Sito internet della Regione Emilia Romagna (<http://www.regione.emilia-romagna.it/statistica/>)
13. Registri di mortalità delle Aziende Usl di Bologna e Imola
14. Scarnato C, Bignami B. Rapporto sulla Valutazione Sanitaria della qualità dell'aria a Bologna - Anno 2008 AUSL di Bologna, 2009
15. Tonne C, Beevers S, Armstrong B, Kelly F, Wilkinson P. Air pollution and mortality benefits of the London Congestion Charge: spatial and socioeconomic inequalities. *Occupational and Environmental Medicine* 2008;65:620-627
16. Friedman MS, Powell KE, Hutwagner L, Graham LRM, Teague WG. Impact of Changes in Transportation and Commuting Behaviors During the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on Air Quality and Childhood Asthma. *JAMA* 2001;285:897-905
17. Peel et al comunicazione OS11.7.5 ISEE 2009
18. Dominici F, Peng RD, Zeger SL, White RH, Samet JM. (2007). Particulate Air pollution and Mortality in the United States: Did the Risks Change from 1987 to 2000 ? *Am J Epidemiol* 2007; 166: 880-888.
19. Nuvolone D, Barchielli A, Forestiere F. Le politiche di mobilità per la riduzione dell'inquinamento atmosferico urbano nelle città italiane del progetto EpiAir 2009;33(6)suppl1:103-112
20. Nuvolone D, Barchielli A, Forastiere F; Gruppo EPIAIR. [Assessing the effectiveness of local transport policies for improvements in urban air quality and public health: a review of scientific literature]. *Epidemiol Prev.* 2009 May-Jun;33(3):79-87.
21. APHEIS (Air Pollution and Health: A European Information System) – Health Impact Assessment of Air Pollution in 26 European cities - Scientific report 1999-2000 .
22. Buggeri A, Baccini M. Le stime italiane degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico: metodi e risultati a confronto. *Epidemiologia e Prevenzione* 2009;33(6)suppl1:95-102.
23. Stafoggia M, Schwartz J, Forastiere F, Perucci CA; SISTI Group. *Am J Epidemiol*. Does temperature modify the association between air pollution and mortality? A multicity case-crossover analysis in Italy. 2008 Jun 15;167(12):1476-85.
24. Aga E, Samoli E, Touloumi G, et al. Short-term effects of ambient particles on mortality in the elderly: results from 28 cities in the APHEA2 project. *Eur Respir J Suppl* 2003;40:28s–33s.
25. Zanobetti A, Schwartz J. Race, gender, and social status as modifiers of the effects of PM10 on mortality. *J Occup Environ Med* 2000;42:469–74.
26. Zeka A, Zanobetti A, Schwartz J. Individual-level modifiers of the effects of particulate matter on daily mortality. *Am J Epidemiol* 2006;163:849–59.
27. Bateson TF, Schwartz J. Who is sensitive to the effects of particulate air pollution on mortality? A case-crossover analysis of effect modifiers. *Epidemiology* 2004;15:143–9.
28. Kwon HJ, Cho SH, Nyberg F, et al. Effects of ambient air pollution on daily mortality in a cohort of patients with congestive heart failure. *Epidemiology* 2001;12:413–19.
29. Sunyer J, Schwartz J, Tobias A, et al. Patients with chronic obstructive pulmonary disease are at increased risk of death associated with urban particle air pollution: a case-crossover analysis. *Am J Epidemiol* 2000;151:50–6.

Allegato

Nel corso del 2009 l'AUSL ha introdotto, su indicazioni dell'OMS e dell'ISTAT, il metodo di codifica delle cause di morte secondo i criteri previsti nel nuovo sistema ICD X rev.

Ciò comporta una riconsiderazione e ricollocazione delle cause di morte che in alcuni casi sono diverse da quelle presenti nel precedente sistema ICD IX rev. Le stime prodotte da AirQ si basano sul sistema di codifica con ICD IX. In particolare, i RR che utilizza AirQ sono stati calcolati sulla mortalità generale con ICD IX superiore a 800, sulla mortalità cardiovascolare definita dai codici ICD IX compresi tra il 410 e 436, sulla mortalità respiratoria definita dai codici ICD IX compresi tra il 460 ed il 519. In questo rapporto come già indicato nel capitolo "Metodi" abbiamo utilizzato per i codici ICD IX i seguenti codici ICD X:

| | ICD IX | ICD X |
|---------------------------|---------|---------------|
| Mortalità generale | <800 | <S00 |
| Mortalità-cardiovascolare | 410-436 | I20-I67 e G45 |
| Mortalità respiratoria | 460-519 | J01-J99 |

Nel 2008 è stata prodotta una doppia codifica per le cause di morte sia con ICD IX che con ICD X. Cio' ha consentito a livello regionale di confrontare il numero di morti definiti con le due codifiche e di produrre i fattori di correzione con cui eventualmente passare da un sistema all'altroⁱ. Per quanto riguarda tutte le cause di morte escluse le cause esterne ed i traumatismi e per le malattie cardiovascolari il fattore di correzione è uguale a 1 sia a livello regionale che della provincia. Per quanto riguarda quello delle malattie respiratorie è uguale 0,95 per la Regione, 0,90 per la Provincia (0,86 per l'AUSL di Bologna e 1,08 per l'AUSL di Imola).

| Causa ICD IX | Causa ICD X | sede | N. ICD IX | N. ICDX | Rapporto |
|--|--|-------|-----------|---------|-------------|
| Tutte le cause (escluse cause esterne e traumatismi) | Tutte le cause (escluse cause esterne e traumatismi) | REG | 44533 | 44508 | 1.00 |
| Tutte le cause (escluse cause esterne e traumatismi) | Tutte le cause (escluse cause esterne e traumatismi) | BO | 8862 | 8834 | 1.00 |
| Tutte le cause (escluse cause esterne e traumatismi) | Tutte le cause (escluse cause esterne e traumatismi) | IMOLA | 1371 | 1375 | 1.00 |
| Mal. sist. circolatorio (390-459) | Mal. Sist. circolatorio (I00-I99) | REG | 18674 | 18619 | 1.00 |
| Mal. sist. circolatorio (390-459) | Mal. Sist. circolatorio (I00-I99) | BO | 3521 | 3536 | 1.00 |
| Mal. sist. circolatorio (390-459) | Mal. Sist. circolatorio (I00-I99) | IMOLA | 537 | 538 | 1.00 |
| Mal sist. respiratorio (460-519) | Mal sist. respiratorio (J00-J99) | REG | 3688 | 3518 | 0.95 |
| Mal sist. respiratorio (460-519) | Mal sist. respiratorio (J00-J99) | BO | 833 | 717 | 0,86 |
| Mal sist. respiratorio (460-519) | Mal sist. respiratorio (J00-J99) | IMOLA | 176 | 190 | 1,08 |

ⁱ Regione Emilia Romagna. Sistema informativo politiche per la salute e politiche sociali. Rilevazione mortalità. Coefficienti di raccordo ICD9-ICD10 <http://www.regione.emilia-romagna.it/sas/rem/tabelle.htm>

Poiché il software AirQ utilizza i tassi grezzi delle malattie cardiovascolari definite da codici ICD IX compresi tra 410 e 436 che nel sistema ICD X corrispondono ai codici tra I20-I67 e G45, si è calcolato il rapporto tra il numero di morti definiti con i due diversi sistemi che è risultato essere pari allo 0,996.

| Causa ICD IX | Causa ICD X | N. ICD IX | N. ICDX | Rapporto |
|--------------------------------|--------------------------------------|-----------|---------|--------------|
| Mal. Cardiovascolare (410-436) | Mal. Cardiovascolari (I20-I67 e G45) | 3020 | 3002 | 0,996 |

Sulla base di tale dati, non sembra necessario utilizzare il fattore di correzione per la mortalità generale e per quella da cause cardiovascolari, mentre potrebbe essere opportuno utilizzare il fattore di correzione per confrontare i tassi della mortalità respiratoria.

Al fine di verificare se l'utilizzo di diversi fattori di correzione apporta modifiche alle stime del numero di morti per malattie respiratorie evitabili, sono state prodotte stime utilizzando i tassi originali o corretti applicando i seguenti fattori di correzione:

- 1 (nessuna correzione);
- 0,95 (codice di correzione regionale);
- 0,90 (codice di correzione della Provincia),
- 0,86 (codice di correzione dell'AUSL Bologna).

La tabella presenta le stime ottenute per il PM₁₀.

| Provincia di Bologna | | Valore limite PM ₁₀ (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | | | |
|-----------------------------------|------------------------|---|------------------|------------------|------------------|
| | | >60 | >40 | >20 | >10 |
| Mortalità respiratoria | | | | | |
| Tasso = 102 Nessuna correzione | Stima N morti (IC 95%) | 1 (1-2) | 3 (2-10) | 13 (8-38) | 23 (15-66) |
| | RA % (IC95%) | 0,85 (0,57-2,57) | 0,94 (0,63-2,84) | 1,27 (0,84-3,80) | 2,26 (1,51-6,64) |
| Tasso = 107 (correzione 0,95) | Stima N morti (IC 95%) | 1 (1-2) | 3 (2-10) | 13 (9-40) | 24 (16-70) |
| | RA % (IC95%) | 0,85 (0,57-2,57) | 0,94 (0,63-2,84) | 1,27 (0,84-3,80) | 2,26 (1,51-6,64) |
| Tasso = 113 (correzione 0,90) | Stima N morti (IC 95%) | 1 (1-3) | 4 (2-11) | 14 (9-42) | 25 (17-74) |
| | RA % (IC95%) | 0,85 (0,57-2,57) | 0,94 (0,63-2,84) | 1,27 (0,85-3,80) | 2,26 (1,52-6,64) |
| Tasso = 119 (correzione 0,86) | Stima N morti (IC 95%) | 1 (1-3) | 4 (3-11) | 15 (10-44) | 26 (18-78) |
| | RA % (IC95%) | 0,85 (0,57-2,57) | 0,94 (0,63-2,84) | 1,27 (0,85-3,80) | 2,26 (1,52-6,64) |

Ovviamente la differenza maggiore (3 morti) si osserva tra le stime del numero di morti calcolati senza utilizzare alcuna correzione e le stime ottenute alla soglia di 10 µg/m³ applicando il fattore di correzione dell'AUSL di Bologna. Il RA% rimane invariato perchè misura il reale impatto senza essere influenzato dai tassi di mortalità.

Anche per quanto riguarda il numero di decessi per mortalità respiratoria attribuibili all'ozono, si osserva che l'utilizzo di fattori di correzioni, porta a modifiche delle stime che

variano da un decesso (se la soglia è >110) a 11 decessi (se la soglia è >10). In nessun caso la differenza tra le stime risulta statisticamente significativa.

| Provincia di Bologna | | Soglia di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | | |
|---------------------------------------|---------------------------|--|------------------|-------------------|
| | | >110 | >60 | >10 |
| Mortalità respiratoria | | | | |
| Tasso = 102,1 (nessuna correzione) | Stima N morti (IC 95%) | 4 (2-7) | 30 (11-48) | 73 (28-115) |
| | RA % (IC95%) | 1,44 (0,53-2,40) | 4,65 (1,76-7,50) | 7,24 (2,79-11,50) |
| Tasso = 107 (correzione 0,95) | Stima N morti (IC 95%) | 5 (2-8) | 31 (12-50) | 76 (29-121) |
| | RA % (IC95%) | 1,44 (0,53-2,37) | 4,6 (1,76-7,50) | 7,2 (2,79-11,50) |
| Tasso = 113 (correzione 0,90) | Stima N morti (IC 95%) | 5 (2-8) | 33 (12-53) | 80 (31-127) |
| | RA % (IC95%) | 1,44 (0,53-2,37) | 4,7 (1,76-7,50) | 7,2 (2,79-11,50) |
| Tasso = 119 (correzione 0,86) | Stima N morti (IC 95%) | 5 (2-8) | 35 (13-56) | 84 (33-134) |
| | RA % (IC95%) | 1,44 (0,53-2,37) | 4,6 (1,76-7,50) | 7,24 (2,79-11,50) |

Le modifiche dei tassi di mortalità da causa respiratoria ottenuti con diversi fattori di correzione si riflettono in variazioni della stima dei morti di poche unità. Variazioni superiori ad 1 decesso si osservano solo per il PM_{10} alla soglia di >10, e per l'ozono alle soglie >60 e >10.