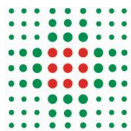


# RAPPORTO SULLA VALUTAZIONE SANITARIA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A BOLOGNA

## Anno 2014

dicembre 2015



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

Istituto delle Scienze Neurologiche  
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico



## **Rapporto sulla valutazione sanitaria della qualità dell'aria a Bologna, anno 2014**

### **La presente pubblicazione è stata redatta da:**

Azienda USL di Bologna  
Dipartimento di Sanità Pubblica  
Direttore del Dipartimento  
Dott. Fausto Francia

### **Area Analisi, Prevenzione e Promozione della Salute**

#### **UOC Epidemiologia, Promozione della Salute e Comunicazione del Rischio**

Direttore  
Dott. Paolo Pandolfi  
Via Montebello, 6 – 40121 Bologna

A cura di:

**Elisa Stivanello\*, Vincenza Perlangeli\*, Lorenzo Pizzi\*, Natalina Collina\*, Paolo Pandolfi\***

\*UOC Epidemiologia, Promozione della Salute e Comunicazione del Rischio – Dipartimento di Sanità Pubblica, Azienda USL di Bologna

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

Andrea Pizzoli, per la fornitura dei dati dell'Azienda USL di Imola;  
I colleghi di Arpa, per l'invio periodico dei dati ambientali.

Per informazioni:

elisa.stivanello@ausl.bologna.it  
paolo.pandolfi@ausl.bologna.it

### **Progetto grafico e coordinamento editoriale**

Rosa Domina  
Dipartimento di Sanità Pubblica, Azienda USL di Bologna

Questo Rapporto è di proprietà dell'Azienda USL di Bologna e non è coperto da copyright, può quindi essere diffuso, purché non modificato, e sue parti possono essere estratte purché correttamente citato in bibliografia.

**SOMMARIO**

<b>PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>1. SINTESI.....</b>	<b>6</b>
<b>2. INDICATORI DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....</b>	<b>8</b>
<b>3. METODI.....</b>	<b>11</b>
3.1 ESITI E RISCHI RELATIVI .....	11
3.2 SOGLIE .....	12
3.3 CONFRONTI TEMPORALI.....	12
<b>4. VIS PER LA CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA .....</b>	<b>13</b>
4.1 POPOLAZIONE, MORTALITÀ E RICOVERI .....	13
4.2 IMPATTO A BREVE TERMINE DEL PM <sub>10</sub> .....	13
4.3 IMPATTO A BREVE TERMINE DEL PM <sub>2,5</sub> .....	15
4.4 IMPATTO A BREVE TERMINE DELL'OZONO.....	16
4.5 IMPATTO A BREVE TERMINE DEL BIOSSIDO D'AZOTO .....	17
4.6 IMPATTO A LUNGO TERMINE .....	19
<b>5. VIS PER IL COMUNE DI BOLOGNA.....</b>	<b>21</b>
5.1 POPOLAZIONE, MORTALITÀ E RICOVERI .....	21
5.2 IMPATTO A BREVE TERMINE DEL PM <sub>10</sub> .....	21
5.3 IMPATTO A BREVE TERMINE DEL PM <sub>2,5</sub> .....	22
5.4 IMPATTO A BREVE TERMINE DELL'OZONO.....	23
5.5 IMPATTO A BREVE TERMINE DEL BIOSSIDO D'AZOTO .....	24
5.6 IMPATTO A LUNGO TERMINE .....	25
<b>6. CONFRONTO TEMPORALE .....</b>	<b>26</b>
<b>7. INQUINAMENTO ATMOSFERICO E ATTIVITÀ DEL DIPARTIMENTO DI SANITÀ PUBBLICA .....</b>	<b>30</b>
<b>CONSIDERAZIONI .....</b>	<b>31</b>
<b>BREVE GLOSSARIO .....</b>	<b>33</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>34</b>

## Premessa

Gli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e sull'ambiente sono ormai noti e confermati anche in studi recenti. Negli ultimi anni, la comunità scientifica internazionale ha prodotto nuove evidenze e offerto nuove indicazioni: l'OMS ha pubblicato una revisione della letteratura sugli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico (REVIHAAP Project)<sup>1</sup>, l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha pubblicato una monografia in cui l'inquinamento atmosferico è stato classificato come carcinogeno di classe 1<sup>2</sup> e si sono conclusi studi multicentrici sugli effetti e sull'impatto a breve e a lungo termine degli inquinanti (ESCAPE project, EBoDE, EpiAir 2, VIIAS)<sup>3-6</sup>.

Per il controllo dell'inquinamento atmosferico e la tutela della salute nel corso dell'ultimo decennio, sono state intraprese varie iniziative. La Commissione europea ha nominato il 2013 "Year of air", con l'obiettivo di sottolineare l'importanza della qualità dell'aria e di concentrarsi su azioni volte a migliorarla in tutta l'UE<sup>7</sup>. A livello nazionale con il D.Lgs 155/2010 sono state recepite le direttive europee 2008/50/CE, e nel 2014 la Regione Emilia Romagna ha adottato un Piano Regionale Integrato per la Qualità dell'Aria<sup>8</sup> nel quale individua le misure per il risanamento della qualità dell'aria al fine di ridurre gli inquinanti e rientrare nelle direttive europee attraverso strategie di coordinamento dei vari livelli istituzionali e di integrazione della pianificazione settoriale.

Queste iniziative si aggiungono, estendendoli, agli accordi di programma per la gestione della qualità dell'aria tra regioni, comuni e province durante le fasi acute, soprattutto invernali. Questi accordi assegnano all'Azienda USL il compito di contribuire alle campagne di comunicazione e informazione sui rischi sanitari da PM<sub>10</sub>. Il presente rapporto, 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 collettività e dei singoli dai rischi connessi con gli ambienti di vita, anche con riferimento agli effetti sanitari degli inquinanti ambientali" come indicato dai Livelli Essenziali di Assistenza. Il rapporto, pubblicato annualmente dal 2003, si pone l'obiettivo di descrivere l'impatto che l'inquinamento atmosferico presente nel territorio del comune e di tutta la città Metropolitana ha sulla salute, in termini di mortalità, ricoveri e anni di vita persi.

La valutazione d'impatto sulla salute dei residenti del territorio studiato è condotta prendendo in considerazione il PM<sub>10</sub>, il PM<sub>2,5</sub>, il biossido d'azoto (NO<sub>2</sub>) e l'ozono (O<sub>3</sub>) ossia gli inquinanti che presentano le maggiori criticità per la salute. Viene calcolato sia l'impatto a breve che a lungo termine. L'impatto a breve termine sulla salute è espresso come numero di morti e di ricoveri in eccesso attribuibili ai vari inquinanti e come frazione di eventi (morti o ricoveri) che si sarebbero potuti evitare, o ritardare, se l'inquinamento non avesse superato una determinata soglia. L'impatto a lungo termine è espresso sia come numero di morti attribuibili che come anni di vita persi. I risultati presentati poggiano su varie assunzioni. Si assume come valore dell'esposizione media della popolazione la media dei valori di concentrazione giornaliera o oraria forniti dalle varie centraline del territorio e si assume che le funzioni di rischio utilizzate per i calcoli siano valide anche per la popolazione del territorio bolognese del 2014. Queste incertezze e la variabilità statistica, devono richiamare la necessità di prendere queste stime come indicatori dell'ordine di grandezza del fenomeno.

## 1 Sintesi

### 1.1 Stime di impatto-Città Metropolitana di Bologna

Effetti a breve termine degli inquinanti :

esito	N. di eventi attribuibili <sup>ab</sup>			
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
Decessi per tutte le cause naturali	102	104	58	72
Decessi per patologie cardiovascolari	30		28	
Decessi per patologie respiratorie	14		10	
Ricoveri per patologie respiratorie	1286	148	76	243
Ricoveri per patologie cardiovascolari	184	186	158	

Effetti a lungo termine degli inquinanti

esito	N. di eventi attribuibili al PM <sub>2,5</sub>
Decessi per tutte le cause naturali	418
Decessi per patologie cardiovascolari	218
Decessi per patologie respiratorie	53
Decessi per tumore al polmone	30

Dall'analisi sugli anni di vita persi per le concentrazioni del PM<sub>2,5</sub> del 2014, si evidenzia che l'aspettativa di vita alla nascita del 2014 viene ridotta di 0,36 anni circa (4 mesi circa).

### 1.2 Stime di impatto-Comune di Bologna

Effetti a breve termine :

esito	N. di eventi attribuibili			
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
Decessi per tutte le cause naturali	43	41	18	42
Decessi per patologie cardiovascolari	13		12	
Decessi per patologie respiratorie	6		4	
Ricoveri per patologie respiratorie	53	73	31	165
Ricoveri per patologie cardiovascolari	79	63	69	

<sup>a</sup> La stima è stata ottenuta considerando una soglia di "non effetto" di 10 µg/m<sup>3</sup> per il PM<sub>10</sub>, il PM<sub>2,5</sub>, di 20 µg/m<sup>3</sup> per il NO<sub>2</sub>; per l'ozono si è considerata una soglia di 70 µg/m<sup>3</sup>.

<sup>b</sup> I decessi ed i ricoveri attribuibili ad un inquinante non sono da sommare a quelli attribuibili ad un altro inquinante.

## Effetti a lungo termine

<b>esito</b>	<b>N. di eventi attribuibili al PM<sub>2,5</sub></b>
Decessi per tutte le cause naturali	166
Decessi per patologie cardiovascolari	88
Decessi per patologie respiratorie	22
Decessi per tumore al polmone	13

Dall'analisi sugli anni di vita persi per le concentrazioni del PM<sub>2,5</sub> del 2014, si evidenzia che l'aspettativa di vita alla nascita del 2014 viene ridotta di 0,36 anni circa (4 mesi circa).

### 1.3 Serie temporale

Confrontando i dati sulla mortalità generale attribuibile agli effetti a breve termine del PM<sub>10</sub> di una centralina di Bologna dal 2000 al 2014, si nota un trend in diminuzione degli effetti negativi. Similmente anche gli effetti attribuibili al PM<sub>2,5</sub> monitorati per un periodo più corto evidenziano una riduzione. Non si evince invece alcun trend significativo in riduzione per gli effetti a breve termine dell'ozono e del biossido di azoto.

### 1.4 Considerazioni

L'analisi dei dati ambientali del 2014 evidenzia un miglioramento della qualità dell'aria rispetto agli anni precedenti, attribuibile a più fattori anche climatici. Tuttavia nonostante questi miglioramenti, l'inquinamento atmosferico rappresenta ancora un pericolo per la salute. E' auspicabile quindi come indicato dal Piano Regionale Integrato per contrastare l'inquinamento atmosferico potenziare interventi strutturali e lavorare in una dimensione di area vasta ed integrata visto anche il contesto orografico e meteorologico della Pianura Padana.

## 2. Indicatori dell'inquinamento atmosferico

Le informazioni sulle concentrazioni del PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> derivano dalla rete delle centraline Arpa di monitoraggio della qualità dell'aria del territorio della Città Metropolitana (Provincia per brevità) di Bologna.

La rete delle centraline Arpa ha subito varie ristrutturazioni: alcune centraline sono state sostituite o disattivate, altre attivate<sup>9</sup>. Nell'ultimo periodo, il D. Lgs n. 155/2010 ha introdotto nuovi criteri di zonizzazione del territorio portando ad una ridefinizione della rete regionale, modificata rispetto alla precedente soprattutto nel numero di stazioni utili a valutare la qualità dell'aria. A livello provinciale, nel 2014 erano operative le seguenti centraline<sup>9</sup>:

STAZIONE	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
Bologna - Giardini Margherita	•	•	•	•
Bologna – Porta San Felice	•	•		•
Bologna – Chiarini	•		•	•
San Lazzaro	•			•
Molinella - S.Pietro Capofiume	•	•	•	•
Imola – De Amicis	•			•
Porretta Terme – Castelluccio	•	•	•	•

Ai fini di questa valutazione la centralina di Porretta Terme – Castelluccio non è stata considerata perché ritenuta poco rappresentativa dell'esposizione della popolazione essendo una centralina di fondo remoto.

Come nelle valutazioni precedenti, si assume 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. Similmente, come valore dell'esposizione della popolazione del Comune si considera la media dei valori di concentrazione giornaliera od oraria forniti dalle varie centraline del Comune.

Per il confronto temporale delle stime di impatto, si considerano invece solo i valori rilevati nella centralina di Porta San Felice per il PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> e quelli rilevati nella centralina dei Giardini Margherita per l'ozono.

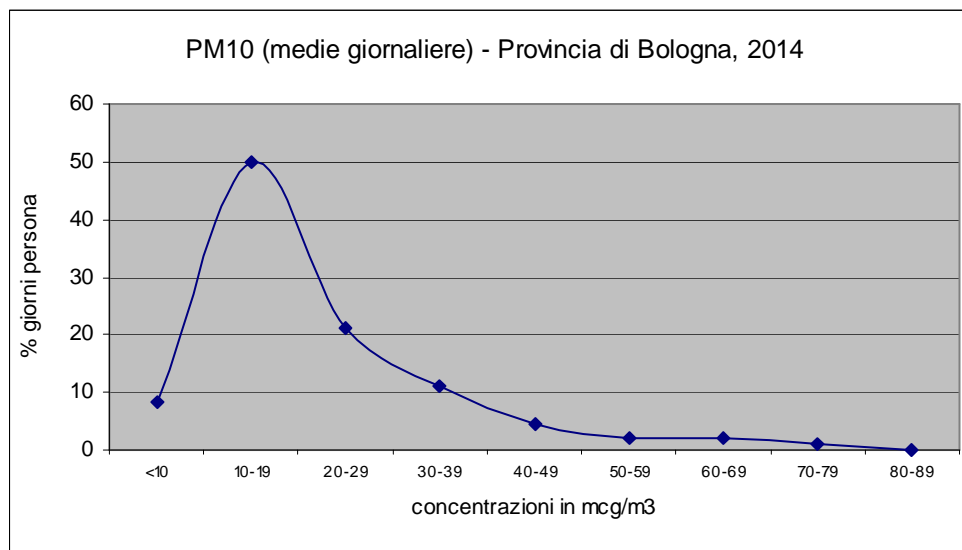
Riportiamo per ogni inquinante alcune statistiche riepilogative relative al Comune e alla Provincia di Bologna. Per approfondimenti sui valori degli inquinanti a livello delle singole centraline e sui superamenti dei limiti normativi si rimanda al documento Arpa<sup>9</sup> già citato.

PM<sub>10</sub>

	PM <sub>10</sub>			
	n. dati validi	Media annua	Massima annua	Giorni >50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>Provincia di Bologna</b>	365	22,1	76,17	18
<b>Comune di Bologna</b>	365	22,5	80,67	22



Il grafico sottostante mostra la percentuale di giorni di esposizione della popolazione provinciale alle diverse fasce di valori di PM<sub>10</sub>: per circa il 50% dei giorni la popolazione è stata esposta a concentrazioni tra i 10 ed i 19 µg/m<sup>3</sup>.

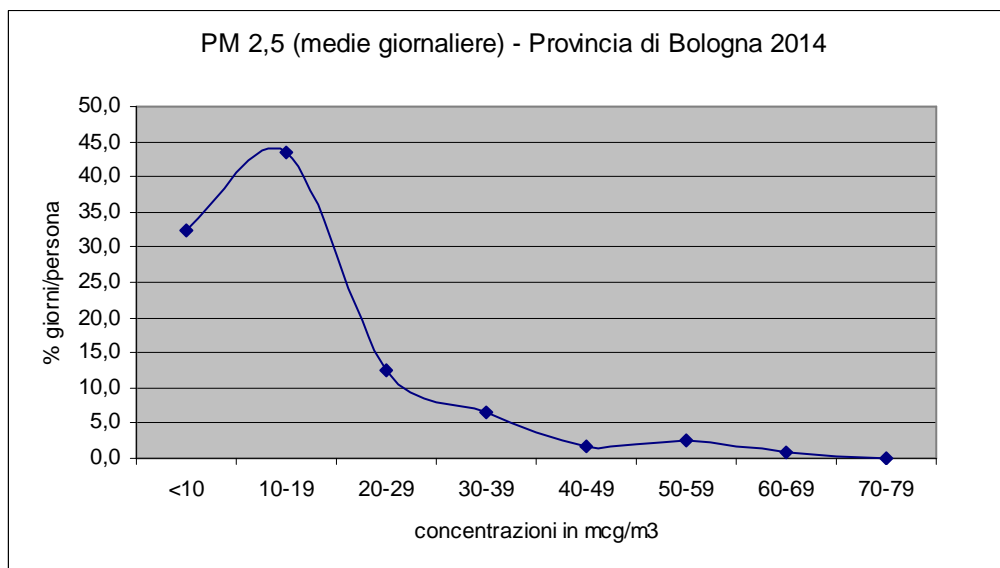


Sostanzialmente sovrapponibile risulta la curva relativa alla percentuale di giorni di esposizione della popolazione del Comune di Bologna che quindi non viene riportata.

PM<sub>2,5</sub>

	PM <sub>2,5</sub>		
	n. dati validi	Media annua	Massima annua
<b>Provincia di Bologna</b>	365	16,1	67,3
<b>Comune di Bologna</b>	364	16,1	68

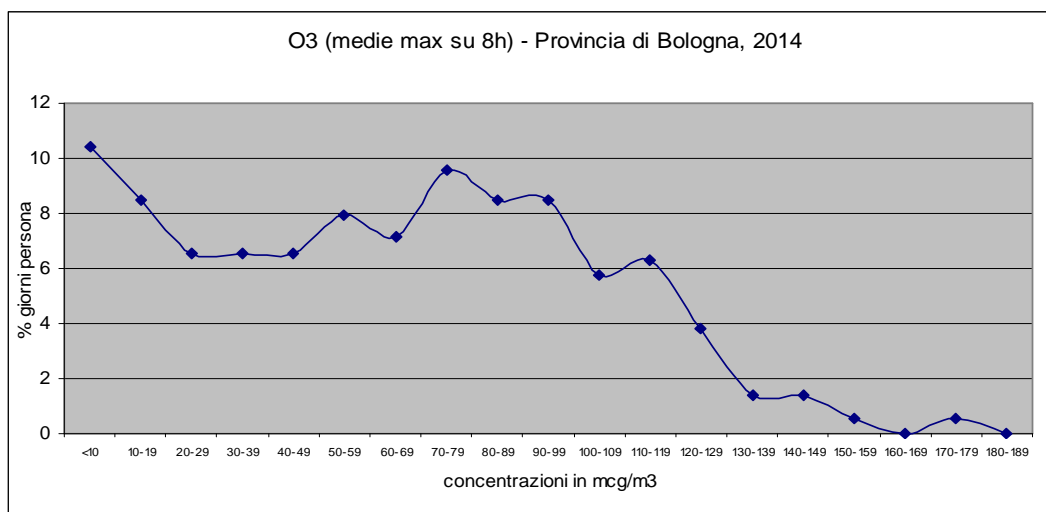
Il grafico sottostante mostra che le concentrazioni di PM<sub>2,5</sub> cui è esposta la popolazione della Provincia sono nella maggior parte inferiori a 20 µg/m<sup>3</sup>. Per il 45% circa dei giorni, corrispondente al massimo della distribuzione, la popolazione è stata esposta ad una concentrazione media tra i 10 e i 19 µg/m<sup>3</sup>. Molto simile è la curva relativa ai giorni di esposizione nel Comune.



Ozono

	<b>Ozono</b>			
	<b>n. giorni validi</b>	<b>Media annua</b>	<b>Max media 8 h massima</b>	<b>Giorni con media max 8h &gt; 120 µg/m<sup>3</sup></b>
<b>Provincia di Bologna</b>	365	41,24	177,79	28
<b>Comune di Bologna</b>	365	40,77	183,44	33

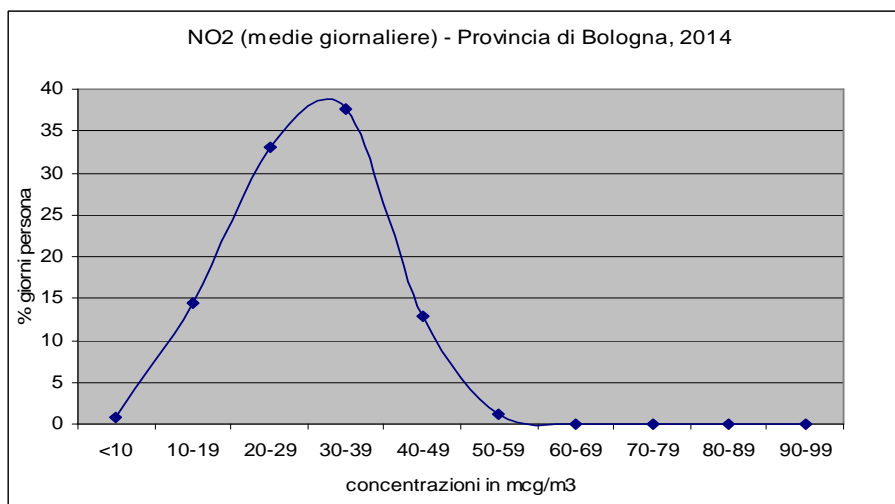
La percentuale di giorni di esposizione della popolazione della Provincia e del Comune per le diverse fasce di valori di O<sub>3</sub> segue un andamento multimodale, diverso quindi da quello degli altri inquinanti.



NO<sub>2</sub>

	<b>NO<sub>2</sub></b>		
	<b>n. giorni validi</b>	<b>Media annua</b>	<b>Massima oraria</b>
<b>Provincia di Bologna</b>	365	30,22	76,83
<b>Comune di Bologna</b>	365	38,79	94,00

Nel grafico seguente si osserva che in più del 35% dei giorni la popolazione è esposta a concentrazioni tra i 30 ed i 39 µg/m<sup>3</sup>. A livello comunale il grafico evidenzia un andamento simile con la curva spostata leggermente a destra, per un maggior numero di giorni con concentrazioni superiori o uguali a 40 µg/m<sup>3</sup>.



### 3. Metodi

L'impatto è stato valutato in termini di:

1) numero di decessi o ricoveri che si sarebbero potuti evitare se l'inquinante analizzato non avesse superato una determinata soglia arbitrariamente definita di "non effetto";

2) rischio attribuibile di popolazione percentuale (RA%), cioè la proporzione di eventi (morti o ricoveri), osservati in una popolazione durante un periodo di tempo, attribuibili all'esposizione. Il RA% corrisponde quindi alla percentuale di decessi o ricoveri tra tutti gli eventi che si sarebbero potuti evitare (o ritardare) se l'inquinante non avesse superato una data soglia<sup>11</sup>;

3) anni di vita persi, ossia il numero di anni di vita persi a seguito dell'esposizione alle concentrazioni raggiunte dal PM<sub>2,5</sub> nel 2014 utilizzando la soglia di non effetto di 10 µg/m<sup>3</sup>.

Le stime del numero dei decessi o ricoveri ed il RA% è stato calcolato sia per il breve che per il lungo termine, gli anni di vita persi solo per il lungo termine. L'impatto a breve termine è stato calcolato per tutti e quattro gli inquinanti, quello a lungo termine solo per il PM<sub>2,5</sub>.

Per il calcolo dell'impatto sanitario a breve termine e per il calcolo degli anni di vita persi, abbiamo utilizzato come nelle edizioni precedenti il software AirQ (AIR Quality health impact assessment tool) versione 2.2.3 prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health"<sup>10</sup>.

Si vuole richiamare che a causa di correlazioni tra i vari inquinanti, non è corretto sommare gli impatti stimati dei vari inquinanti tra loro, in quanto porterebbe ad una complessiva sovrastima. Questo discorso vale ancora di più tenendo conto che il PM<sub>2,5</sub> è parte del PM<sub>10</sub><sup>1, 11</sup>. Lo stesso dicasi rispetto all'impatto nel breve termine che è compreso nell'impatto a lungo termine.

#### 3.1 Esiti e rischi relativi

L'impatto è stato calcolato per la mortalità naturale, ossia la mortalità per tutte le cause escluse le traumatiche, la mortalità respiratoria e cardiovascolare, e per i ricoveri per cause cardiovascolari e respiratorie definiti in base ai codici del sistema ICD X (decessi) e ICD IX (ricoveri).

Per il calcolo dell'impatto sono stati adottati i RR (rischi relativi) raccomandati dall'OMS all'interno del Progetto HRAPIE (Health Risk for air pollution in Europe) e dal rapporto dell'Expert Meeting<sup>11-12</sup>. Visto che nei suddetti lavori non vengono date delle indicazioni su quali funzioni di rischio utilizzare per alcuni esiti del PM<sub>10</sub>, per questo inquinante abbiamo applicato i RR di AirQ.

RR utilizzati per la valutazione di impatto a breve termine:

Inquinante	Esito	ICD X/ ICD IX9	Fonte	RR (IC95%)
PM <sub>10</sub>	Mortalità naturale	<S00	AirQ <sup>8</sup>	1,0074 (1,0062-1,0086)
	Mortalità respiratoria	J00-J99	AirQ <sup>8</sup>	1,012 (1,008-1,037)
	Mortalità cardiovascolare <sup>c</sup>	I20-I67 e G45	AirQ <sup>8</sup>	1,008 (1,005-1,018)
	Ricoveri cause respiratorie	460-519	AirQ <sup>8</sup>	1,008 (1,0048-1,0112)
	Ricoveri cause cardiovascolari <sup>c</sup>	410-436	AirQ <sup>8</sup>	1,009 (1,006-1,013)
PM <sub>2,5</sub>	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0123 (1,0045-1,0201)
	Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0190 (0,9982-1,0402)
	Ricoveri cause cardiovascolari <sup>c</sup>	390-459	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0091 (1,0017-1,0166)
ozono	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0029 (1,0014-1,0043)
	Mortalità respiratoria	J00-J99	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0078 (1,0012-1,0146)

<sup>c</sup> Il termine cardiovascolare viene definito in modo diverso a seconda degli studi.

	Mortalità cardiovascolare <sup>c</sup>	I00-I99	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0054 (1,0017-1,0091)
	Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0044 (1,0007-1,0083)
	Ricoveri cause cardiovascolari (cause cardiache) <sup>c</sup>	390-429	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0089 (1,0050-1,0127)
NO <sub>2</sub>	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0027 (1,0016-1,0038)
	Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE	1,0180 (1,0115-1,0245)

### RR utilizzati per la valutazione di impatto a lungo termine:

Inquinante	Esito	ICD X/ ICD IX9	Fonte	RR (IC95%)
PM <sub>2,5</sub>	Mortalità naturale	<S00	WHO <sup>9</sup>	1,066 (1,040-1,093)
	Mortalità cause cardiovascolari >30 anni	I00-I99	WHO	1,10 (1,05-1,15)
	Mortalità malattie respiratorie	J00-J99	WHO	1,10 (0,98-1,24)
	mortalità tumore polmoni	C33-C34	WHO	1,09 (1,04-1,14)

## 3.2 Soglie

Nella valutazione, per il calcolo del numero di morti e dei ricoveri in eccesso attribuibili ai vari inquinanti e del rischio attribuibile percentuale sono state considerate come soglie “di non effetto” i 10 µg/m<sup>3</sup> ed i seguenti valori sulla base di indicazioni normative o di indicazioni dell’OMS (in grassetto)<sup>11</sup>.

Inquinante	Concentrazioni in µg/m <sup>3</sup> considerate come soglie di “non effetto”
PM <sub>10</sub>	10, <b>20</b> , 40
PM <sub>2,5</sub>	<b>10</b> , 20
Ozono	10, <b>70</b> , 110
NO <sub>2</sub>	10, <b>20</b>

## 3.3 Confronti temporali

Le stime di impatto presentate nei diversi rapporti di valutazione non possono essere confrontate tra loro a causa dei cambiamenti avvenuti alla rete di monitoraggio, per il nuovo sistema di codifica delle cause di mortalità adottato nel 2009 e per l’aggiornamento delle stime di rischio.

In questa sede baseremo perciò i confronti temporali considerando solo dati ambientali provenienti dalla stessa centralina applicando le stesse stime di rischio e studieremo i RA% che non sono sensibili alle modifiche introdotte col nuovo sistema di codifica. In ogni caso riferendosi alla mortalità generale i cambiamenti nella codifica non portano a nessuna variazione.

L’andamento temporale dell’impatto verrà stimato utilizzando un modello di regressione lineare e si definirà significativo un valore di  $p < 0.05$ .

## 4. VIS per la Città Metropolitana di Bologna

### 4.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

Per calcolare le stime d'impatto è necessario possedere i tassi grezzi degli effetti da misurare, utilizzando la popolazione residente<sup>13</sup> nel 2014.

Popolazione della Provincia	1/1/2014	1/1/2015 <sup>d</sup>	media nel 2014
Tutte le età	1001451	1005132	1003291,5
>30 anni	743726	745720	744723

Nel 2014 i residenti morti<sup>14</sup> in qualsiasi località, con i relativi tassi grezzi (rapporto tra il numero di morti e la popolazione media del periodo) per 100.000 residenti, per le cause considerate, sono:

Cause mortalità	Numero	Tasso grezzo x 100.000
Mortalità naturale (ICD X > S00) - tutte le età	10912	1087,62
Mortalità naturale (ICD X > S00) - >30 anni	10855	1457,5889
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99)	3853	384,04
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I20-I67 e G45)	2957	294,7
Mortalità per malattie dell'apparato respiratorio (ICD X J01-J99)	934	93,09

Il numero totale di ricoveri ed il tasso grezzo di ospedalizzazione per 100.000 che si osserva tra i residenti nella Provincia in strutture sanitarie della stessa provincia, dopo aver escluso i ricoveri in regime di Day Hospital sono:

Cause ricoveri residenti in Provincia di Bologna	Numero (tutte le età)	Tasso ospedalizzazione x 100.000
malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429)	13183	1314,0
malattie cardiovascolari (ICD IX 390-459)	20982	2091,3
malattie cardiovascolari (ICD IX 410-436)	16126	1607,3
malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	12649	1260,8

### 4.2 Impatto a breve termine del PM<sub>10</sub>

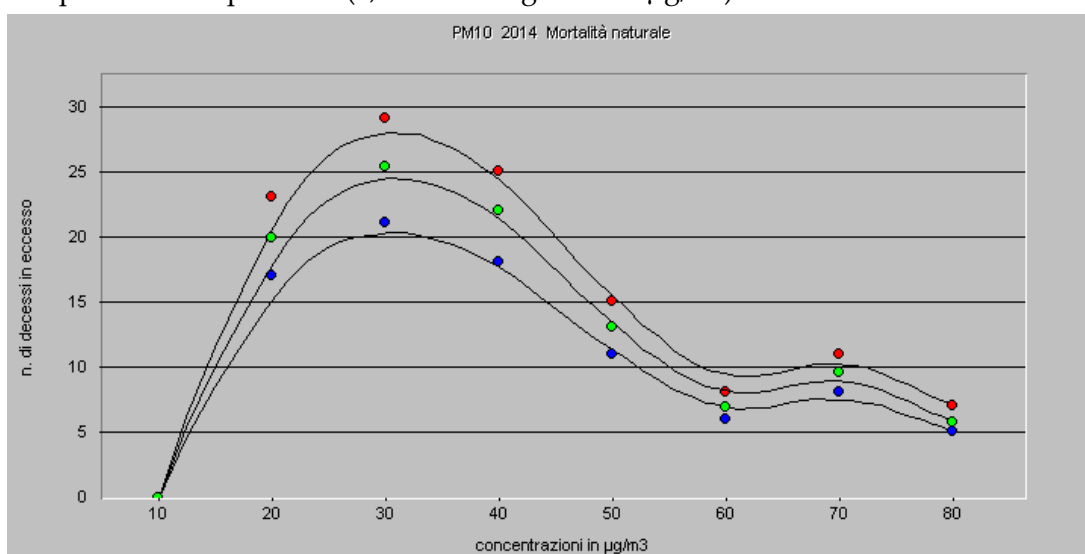
Alla soglia 20 µg/m<sup>3</sup>, il numero dei morti per cause naturali attribuibili al PM<sub>10</sub> nella Provincia di Bologna è pari a 49 (IC 95%: 41-57), corrispondente ad un RA% dell'0,49.

Provincia di Bologna, 2014	Valore limite di PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
<b>Mortalità Naturale</b>			
Stima N morti (IC 95%)	12 (10-14)	49 (41-57)	102 (86-119)
RA% (IC95%)	0,51 (0,43-0,60)	0,49 (0,41-0,57)	0,94 (0,79-1,09)

<sup>d</sup> Dato aggiornato al 12/06/2015

Mortalità cardiovascolare			
Stima N morti (IC 95%)	3 (2-8)	14 (9-32)	30 (19-67)
RA% (IC95%)	0,55 (0,35-1,24)	0,53 (0,33-1,19)	1,01 (0,64-2,25)
Mortalità Respiratoria			
Stima N morti (IC 95%)	2 (1-5)	7 (5-21)	14 (10-42)
RA% (IC95%)	0,83 (0,55-2,51)	0,79 (0,53-2,41)	1,51 (1,01-4,52)

Il numero di morti in eccesso diminuisce all'aumentare del valore soglia che si prende in considerazione: tanto più alta è la soglia considerata "accettabile", tanto minore risulta il numero dei morti "attribuibili" al suo superamento. A tutte le soglie, il maggiore RA % è osservato per la mortalità per cause respiratorie (1,51% alla soglia di 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

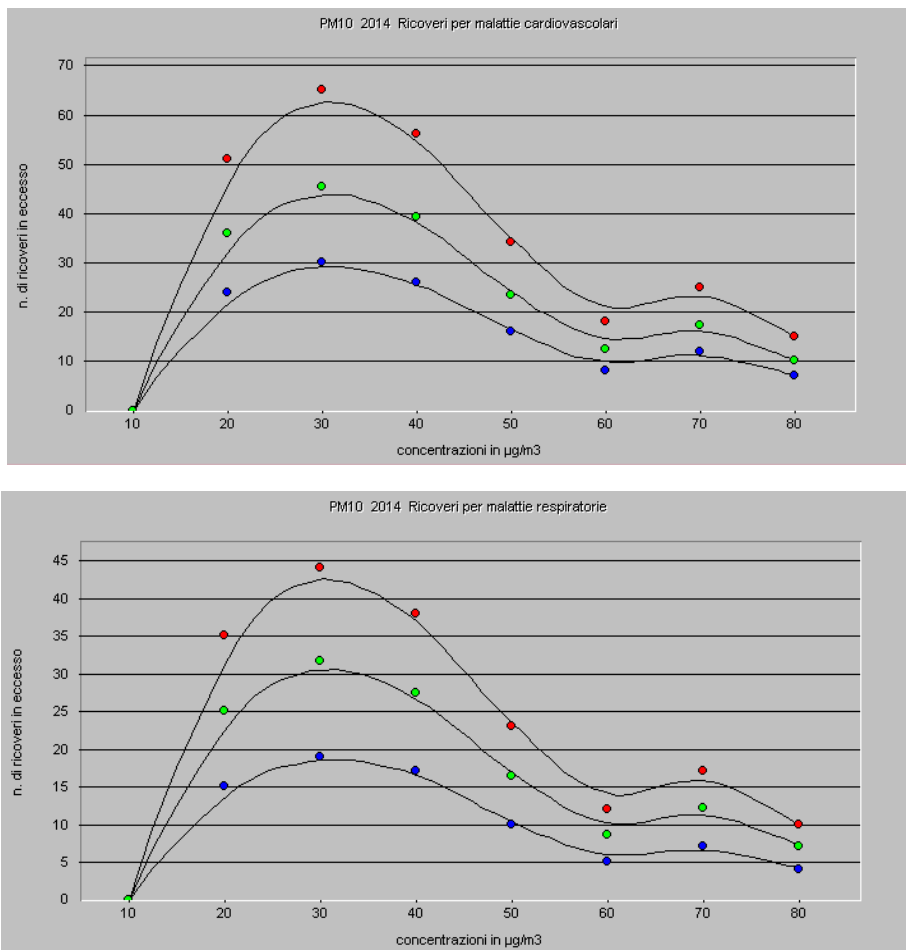


La figura mostra come sono distribuiti i 102 morti in eccesso (la distribuzione media è rappresentata dalla curva centrale nel grafico, le altre due corrispondono ai relativi intervalli di confidenza al 95%) alla soglia di 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La maggior parte dei morti in eccesso avviene ad esposizioni comprese tra i 20 ed i 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , le concentrazioni più frequentemente presenti durante l'anno.

Le stime di impatto sui ricoveri per le patologie respiratorie e quelle cardiovascolari sono:

Provincia di Bologna, 2014	Valore limite di PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
Ricoveri per patologie respiratorie			
Stima N ricoveri (IC 95%)	15 (9-20)	62 (37-86)	128 (77-179)
RA% (IC95%)	0,55 (0,33-0,78)	0,53 (0,32-0,74)	1,01 (0,61-1,41)
Ricoveri per patologie cardiovascolari			
Stima N ricoveri (IC 95%)	21 (14-30)	88 (59-127)	184 (122-264)
RA% (IC95%)	0,62 (0,42-0,90)	0,60 (0,40-0,86)	1,14 (0,76-1,64)

A tutte le soglie, il PM<sub>10</sub>, ha un impatto lievemente maggiore sui ricoveri per patologie cardiovascolari rispetto a quelle respiratorie. Alla soglia di 20 µg/m<sup>3</sup> sono 88 i ricoveri per cause cardiovascolari attribuibili al PM<sub>10</sub>, pari ad un RA% dell'0,60.



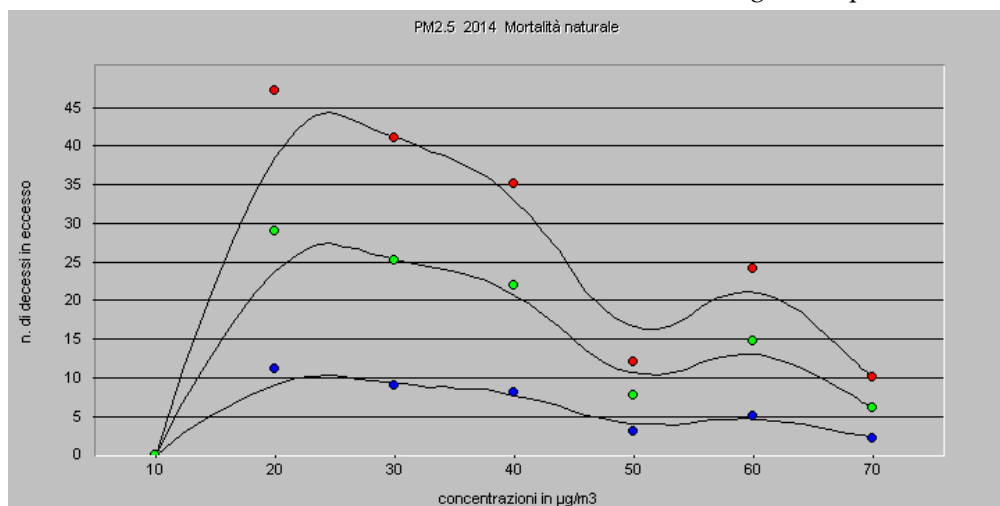
Come si vede dalla figura, sia per le patologie respiratorie che per quelle cardiovascolari, il numero più alto di ricoveri in eccesso avviene a concentrazioni tra i 20 ed i 30 µg/m<sup>3</sup>.

#### 4.3 Impatto a breve termine del PM<sub>2,5</sub>

Alla soglia di 10 µg/m<sup>3</sup>, il numero di morti attribuibili al PM<sub>2,5</sub> è di 104, corrispondente allo 0,96% di tutti i decessi per cause naturali.

Provincia di Bologna, 2014	Valore limite di PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Mortalità Naturale</b>		
N. morti (IC 95%)	44 (16-71)	104 (38-169)
RA% (IC 95%)	0,59 (0,21-0,96)	0,96 (0,35-1,55)

La figura mostra come sono distribuiti i morti in eccesso (con i relativi intervalli di confidenza), alla soglia di 10 µg/m<sup>3</sup>, in base alle concentrazioni di PM<sub>2,5</sub>. La maggior parte dei morti in eccesso avviene a concentrazioni tra i 10 ed i 30 µg/m<sup>3</sup> di PM<sub>2,5</sub>.



Le stime di impatto per i ricoveri sono:

Provincia di Bologna, 2014	Valore limite di PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>		
Stima N ricoveri (IC 95%)	78 (0-163)	186 (0-387)
RA% (IC95%)	0,91 (0-1,90)	1,47 (0-3,06)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>		
Stima N ricoveri (IC 95%)	62 (12-113)	148 (28-270)
RA% (IC95%)	0,44 (0,08-0,79)	0,71 (0,13-1,29)

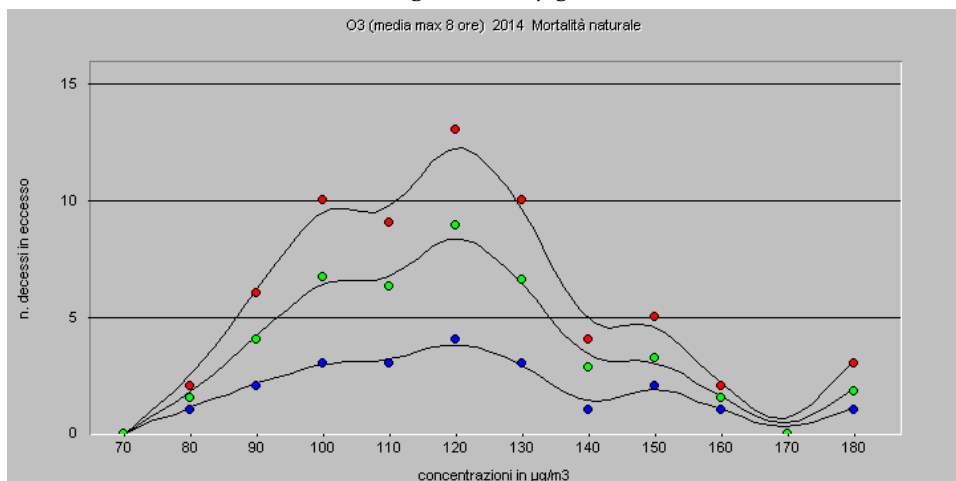
#### 4.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup> il RA% all'ozono è del 1,01% per la mortalità naturale, del 1,38% e del 1,97% per la mortalità cardiovascolare e respiratoria.

Provincia di Bologna, 2014	Valore limite di ozono (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
<b>Mortalità Naturale</b>			
Stima N morti (IC 95%)	17 (8-26)	58 (28-85)	169 (83-250)
RA% (IC 95%)	0,62 (0,30-0,91)	1,01 (0,49-1,48)	1,55 (0,76-2,29)
<b>Mortalità Cardiovascolare</b>			
Stima N morti (IC 95%)	5 (2-8)	28 (9-47)	110 (35-182)
RA% (IC95%)	0,63 (0,20-1,06)	1,38 (0,44-2,30)	2,86 (0,92-4,72)
<b>Mortalità Respiratoria</b>			
Stima N morti (IC 95%)	2 (1-3)	10 (2-18)	41 (7-74)
RA% (IC95%)	0,91 (0,14-1,68)	1,97 (0,30-3,63)	4,42 (0,71-7,97)



La figura mostra che un maggior numero di decessi in eccesso avviene tra i 110 ed i 129  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  avendo come riferimento la soglia di 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



I ricoveri in eccesso da attribuire all'ozono alla soglia di 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sono 76 per le patologie respiratorie e 158 per quelle cardiovascolari, ossia l'1,12 e 2,25% di tutti i ricoveri per le stesse cause.

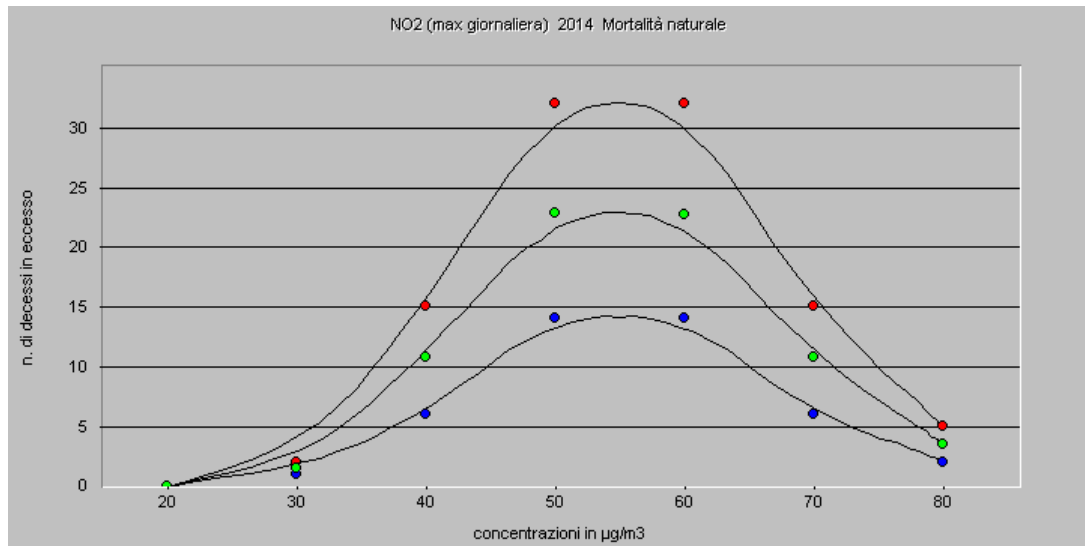
Provincia di Bologna, 2013	Valore limite di ozono ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>			
Stima N ricoveri (IC 95%)	13 (2-24)	76 (12-142)	296 (48-547)
RA% (IC 95%)	0,51 (0,08-0,96)	1,12 (0,18-2,10)	2,34 (0,38-4,32)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>			
Stima N ricoveri (IC 95%)	27 (15-38)	158 (90-224)	609 (349-852)
RA% (IC95%)	1,03 (0,58-1,47)	2,25 (1,27-3,18)	4,62 (2,65-6,47)

#### 4.5 Impatto a breve termine del Biossido d'Azoto

I decessi in eccesso alla soglia di 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sono 72., i ricoveri per patologie respiratorie 243.

Provincia di Bologna, 2014	Valore limite di $\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Mortalità Naturale</b>		
Stima N morti (IC 95%)	72 (43-101)	101 (60-141)
RA% (IC 95%)	0,66 (0,39-0,93)	0,92 (0,55-1,30)
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>		
Stima N ricoveri (IC 95%)	243 (156-328)	455 (294-611)
RA% (IC 95%)	1,94 (1,25-2,62)	3,49 (2,26-4,69)

La figura mostra come sono distribuiti i morti in eccesso con i relativi intervalli di confidenza



## 4.6 Impatto a lungo termine

Anche per questa stima, calcolata a partire dalle concentrazioni di PM<sub>2,5</sub>, si è utilizzato il software AirQ, versione 2.2.3<sup>10</sup>. Considerando la soglia di “non effetto” di 10 µg/ si ottiene la “speranza di vita” espressa in anni per ogni età e gli “anni di speranza vita persi” a seguito dell’esposizione ai livelli raggiunti dalle polveri PM<sub>2,5</sub> nel 2014. Nella tabella 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	(IC 95 %)	% impatto
0	83,02	0,36	(0,22-0,50)	0,43
5	78,29	0,36	(0,22-0,50)	0,46
10	73,33	0,36	(0,22-0,50)	0,49
20	63,45	0,36	(0,22-0,50)	0,57
30	53,61	0,36	(0,22-0,50)	0,67
50	34,36	0,34	(0,21-0,47)	0,99
65	21,08	0,29	(0,18-0,40)	1,38
80	9,71	0,21	(0,13-0,29)	2,16
100	2,20	0,08	(0,05-0,12)	3,64

La tabella si legge nel seguente modo: un bambino nato nel 2014 in Provincia di Bologna, ha una speranza di vita di circa 83 anni. Di questi però 0,36 (IC 95% 0,22-0,50) anni vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM<sub>2,5</sub> del 2014. 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 all’aumentare dell’età. Dopo i 50 anni, più del 1% della speranza di vita viene perduta a causa dell’inquinamento e arriva al valore massimo di 3,64%.

Il programma fornisce anche questi ulteriori dati:

Anni di vita persi nel corso del 2014 (IC al 95 %)	Tasso x 100.000 residenti
Tutte le età	209 (129,51 – 289,58)
< 65 anni	21,63 (13,37 – 29,86)

Nel 2014 la popolazione provinciale ha perduto circa 209 anni di vita a causa dei livelli di inquinamento da PM<sub>2,5</sub>, ossia 20,77 (12,84 – 28,70) anni ogni 100 mila abitanti. Nel 2012 gli anni di vita persi erano 23,45 (IC95% 15,38 – 30,85) per 100 mila abitanti.

La popolazione di età inferiore ai 65 anni (ma superiore a 30<sup>e</sup>) ha perso 21,63 anni di vita (2,84 ogni 100.000 abitanti) sempre a causa dell’inquinamento da PM<sub>2,5</sub>.

<sup>e</sup> 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 all’esposizione al PM<sub>2,5</sub>, non entrano gli anni persi dai soggetti di età inferiore ai 30 anni.

I decessi attribuibili agli effetti a lungo termine del PM<sub>2,5</sub> sono

<b>Provincia di Bologna, 2014</b>	<b>Mortalità naturale</b>	<b>Mortalità cardiovascolare</b>	<b>Mortalità respiratoria</b>	<b>Mortalità per tumori al polmone</b>
Stima N morti (IC 95%)	418 (258-577)	218 (113-317)	53 (0-115)	30 (14-45)
RA% (IC 95%)	3,85 (2,38-5,31)	5,68 (2,95-8,22)	5,68 (0-12,37)	5,15 (2,38-7,73)

## 5. VIS per il Comune di Bologna

### 5.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

I dati di popolazione<sup>13</sup>, necessari per il calcolo dei tassi grezzi di mortalità e di ospedalizzazione sono:

Popolazione del Comune	Al 1/01/2014	Al 1/1/2015 <sup>f</sup>	media nel 2014
Tutte le età	384202	386181	385191,5
>30	290473	291391	290932

Il numero di residenti, morti<sup>14</sup> in qualsiasi località, per le cause considerate, ed i tassi grezzi di mortalità per 100.000 residenti è:

Cause mortalità	Numero	Tasso grezzo x 100.000
Mortalità naturale (ICD X > S00) - tutte le età	4345	1128,01
Mortalità naturale (ICD X > S00) - >30 anni	4331	1488,66
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99)	1555	403,70
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I20-I67, G45)	1207	313,35
Mortalità per malattie dell'apparato respiratorio (ICD X J01-J99)	381	98,91

Il numero di residenti di Bologna ricoverati in regime ordinario nelle strutture provinciali è:

Cause ricoveri residenti nel Comune di Bologna	Numero (tutte le età)	Tasso ospedalizzazione x 100.000
Malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429)	5539	1438,0
Malattie cardiovascolari (ICD IX 390-459)	8861	2300,4
Malattie cardiovascolari (ICD IX 410-436)	6617	1717,8
Malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	5004	1299,1

### 5.2 Impatto a breve termine del PM<sub>10</sub>

A Bologna, si stimano 21 decessi (IC 95% 18-25) attribuibili all'esposizione a breve termine al PM<sub>10</sub>, corrispondenti allo 0,53 dei decessi per tutte le cause naturali se consideriamo 20 µg/m<sup>3</sup> il valore limite al di sotto del quale non vi sono effetti sulla salute.

Comune di Bologna, 2014	Valore limite di PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
<b>Mortalità Naturale</b>			
Stima N morti (IC 95%)	6 (5-7)	21 (18-25)	43 (36-50)
RA% (IC95%)	0,60 (0,50-0,69)	0,53 (0,45-0,62)	0,99 (0,83-1,14)

<sup>f</sup> Dato aggiornato al 12/06/2015

Comune di Bologna, 2014	Valore limite di PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
<b>Mortalità Cardiovascolare</b>			
Stima N morti (IC 95%)	2 (1-4)	6 (4-14)	13 (8-29)
RA% (IC95%)	0,64 (0,40-1,43)	0,58 (0,36-1,29)	1,07 (0,67-2,37)
<b>Mortalità Respiratoria</b>			
Stima N morti (IC 95%)	1 (1-2)	3 (2-9)	6 (4-18)
RA% (IC95%)	0,96 (0,64-2,91)	0,86 (0,58-2,61)	1,59 (1,07-4,75)

\*tasso X 100000

Le stime di impatto a breve termine sui ricoveri sono:

Comune di Bologna, 2014	Valore limite di PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>			
Stima N ricoveri (IC 95%)	7 (4-10)	26 (16-37)	53 (32-74)
RA% (IC95%)	0,64 (0,39-0,90)	0,58 (0,35-0,80)	1,07 (0,64-1,49)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>			
Stima N ricoveri (IC 95%)	10 (7-15)	39 (26-57)	79 (53-114)
RA% (IC95%)	0,72 (0,48-1,04)	0,65 (0,43-0,93)	1,20 (0,80-1,72)

### 5.3 Impatto a breve termine del PM<sub>2,5</sub>

Per quanto riguarda il PM<sub>2,5</sub> il numero di decessi attribuibili è di 41 alla soglia di 10 µg/m<sup>3</sup>

Comune di Bologna, 2014	Valore limite di PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Mortalità Naturale</b>		
Stima N morti (IC 95%)	18 (6-28)	41 (15-67)
RA%(IC 95%)	0,60 (0,22-0,98)	0,95 (0,35-1,55)

Comune di Bologna, 2014	Valore limite di PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>		
Stima N ricoveri (IC 95%)	31 (0-65)	73 (0-152)
RA% (IC95%)	0,93 (0-1,95)	1,46 (0-3,05)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>		
Stima N ricoveri (IC 95%)	27(5-48)	63 (12-113,4)
RA% (IC95%)	0,45 (0,08-0,81)	0,71 (0,13-1,28)

Alla stessa soglia, per quanto riguarda i ricoveri, al PM<sub>2,5</sub> sono attribuibili l'1,46% dei ricoveri per cause respiratorie e lo 0,71 % di quelli per cause cardiovascolari

#### 5.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup>, nel comune di Bologna, sono attribuibili 18 morti in eccesso, ossia lo 0,81% della mortalità.

Comune di Bologna, 2014	Valore limite di ozono (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno ef- fetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
<b>Mortalità naturale</b>			
Stima N morti (IC 95%)	4 (2-5)	18 (9-26)	70 (32-97)
RA% (IC 95%)	0,38 (0,18-0,56)	0,81 (0,39-1,19)	1,52 (0,74-2,24)
<b>Mortalità Cardiovascolare</b>			
Stima N morti (IC 95%)	2 (1-4)	12 (4-20)	43 (14-72)
RA% (IC95%)	0,70 (0,22-1,18)	1,49 (0,47-2,49)	2,79 (0,90-4,62)
<b>Mortalità Respiratoria</b>			
Stima N morti (IC 95%)	1 (0-2)	4 (1-8)	15 (2-27)
RA% (IC95%)	1,01 (0,16-1,87)	2,14 (0,34-3,93)	3,99 (0,64-7,22)

L'impatto dell'ozono sulla mortalità per cause respiratorie è del 2,14%. Per quanto riguarda l'impatto sui ricoveri alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup>, le stime dei RA% superano il 2,43% per le malattie cardiovascolari.

Comune di Bologna, 2014	Valore limite di ozono ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
<b>Ricoveri per malattie respiratorie</b>			
Stima N ricoveri (IC 95%)	6 (1-12)	31 (5-58)	115 (19-212)
RA% (IC95%)	0,57 (0,09-1,07)	1,22 (0,20-2,27)	2,29 (0,37-4,24)
<b>Ricoveri per malattie cardiovascolari</b>			
Stima N ricoveri (IC 95%)	14 (8-19)	69 (39-98)	251 (143-351)
RA% (IC95%)	1,15 (0,65-1,63)	2,43 (1,38-3,44)	4,53 (2,60-6,34)

### 5.5 Impatto a breve termine del Biossido d'Azoto

I decessi attribuibili al  $\text{NO}_2$  alla soglia di  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la mortalità per cause naturali sono 42.

Comune di Bologna, 2014	Valore limite di $\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Mortalità naturale</b>		
Stima N morti (IC 95%)	42 (25 - 59)	54 (32 -75)
RA% (IC 95%)	0,98 (0,58–1,37)	1,24 (0,74-1,74)

mentre i ricoveri sono 165.

Comune di Bologna, 2014	Valore limite di $\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Ricoveri per malattie respiratorie</b>		
Stima N ricoveri (IC 95%)	165 (107 -222)	245 (160-328)
RA% (IC 95%)	3,31 (2,14–4,45)	4,90 (3,19-6,56)



## 5.6 Impatto a lungo termine

Tramite il software AirQ si calcolata anche la “speranza di vita” (espressa in anni) per ogni età e gli “anni di speranza vita persi” a seguito dell’esposizione ai livelli raggiunti dalle polveri PM<sub>2,5</sub> nel 2014, considerando la soglia di “non effetto” pari a 10 µg/m<sup>3</sup>. La tabella successiva riporta, oltre a questi dati, anche la “percentuale (%) di impatto”, cioè quanto gli anni di vita persi a causa dell’esposizione PM<sub>2,5</sub> “pesano” sulla speranza di vita, per ogni età considerata.

Età	Speranza di vita (anni)	Anni persi	(IC 95 %)	% impatto
0	83,78	0,36	(0,22-0,49)	0,43
5	79,04	0,36	(0,22-0,49)	0,56
10	74,04	0,36	(0,22-0,49)	0,60
20	64,14	0,36	(0,22-0,49)	0,69
30	54,21	0,36	(0,22-0,49)	0,81
50	34,82	0,34	(0,21-0,47)	1,18
65	21,68	0,29	(0,18-0,40)	1,67
80	10,13	0,21	(0,13-0,30)	2,55
100	2,41	0,08	(0,05-0,11)	4,42

Si desume che un bambino nato nel 2014 nel comune di Bologna ha, in base alla struttura della popolazione e al tasso di mortalità generale, la speranza di vivere circa 84 anni. Di questi però 0,36 (IC 95% 0,22-0,49) anni ossia circa 4 mesi vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM<sub>2,5</sub> del 2014. Il programma fornisce anche altri indicatori:

	Anni di vita persi nel 2014 (IC 95 %)	Tasso x 100.000 residenti (IC 95 %)
Tutte le età	83,29 (51,47 – 115, 09)	21,50 (13,28 – 29,70)
< 65 anni	7,90 (4,88 – 10,91)	2,77 (1,71 – 3,82)

Nel Comune di Bologna nell’anno 2014 l’insieme degli anni di vita persi è 83,29 (IC 95% 51,47 – 115,09), ossia 21,50 (IC 95% 13,28 – 29,70) ogni 100.000 abitanti. Nel 2013 gli anni di vita persi erano 25,76 (IC 95% 16,91 – 33,88) ogni 100.000 abitanti.

Di seguito il numero di decessi attribuibili agli effetti a lungo termine del PM<sub>2,5</sub>

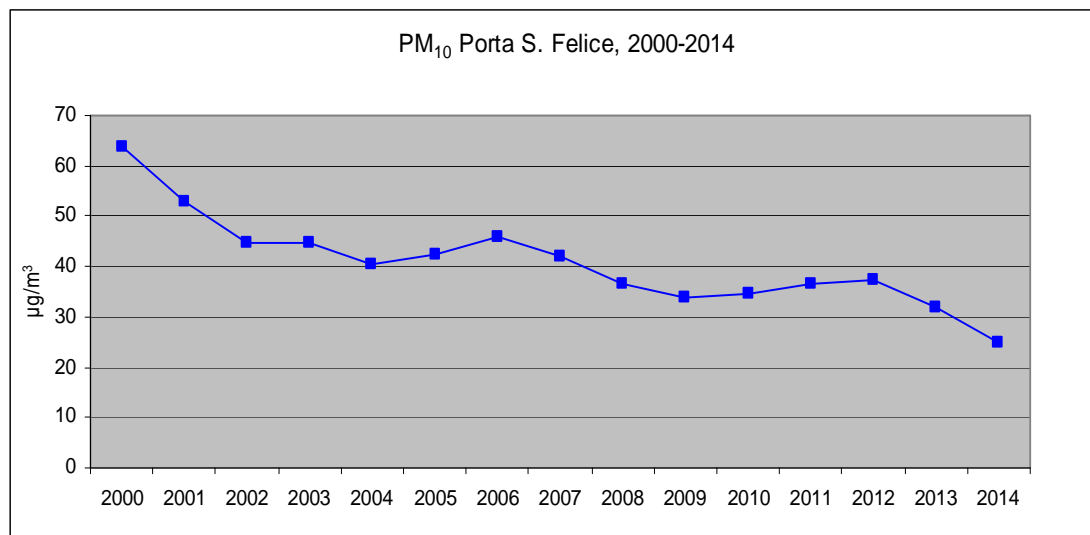
Comune di Bologna, 2014	Mortalità naturale	Mortalità cardiovascolare	Mortalità respiratoria	Mortalità per tumori al polmone
Stima N morti (IC 95%)	165 (103-229)	88 (46-127)	22 (0-47)	14 (6-21)
RA% (IC 95%)	3,83 (2,37-5,29)	5,66 (2,94-8,19)	5,66 (0-12,32)	5,13 (2,37-7,69)

## 6. Confronto temporale

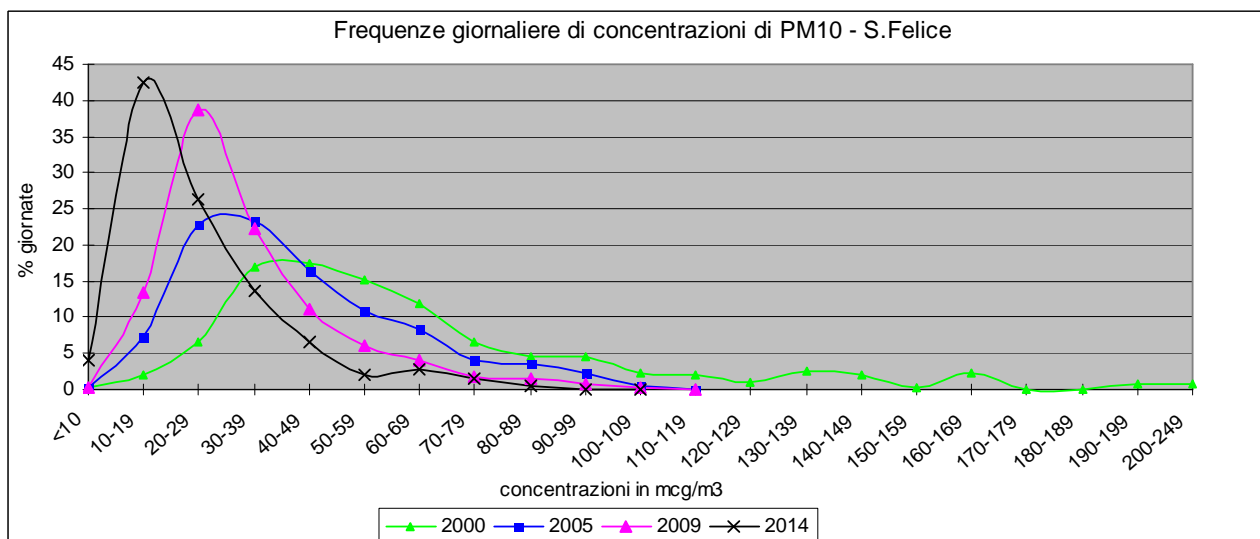
Di seguito riportiamo l'andamento temporale delle concentrazioni dei quattro inquinanti e del loro impatto sulla mortalità.

Per quanto riguarda i livelli di concentrazione di **PM<sub>10</sub>** e gli effetti sulla salute, i confronti sono effettuati utilizzando i dati provenienti dalla centralina di S. Felice per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2000 al 2014.

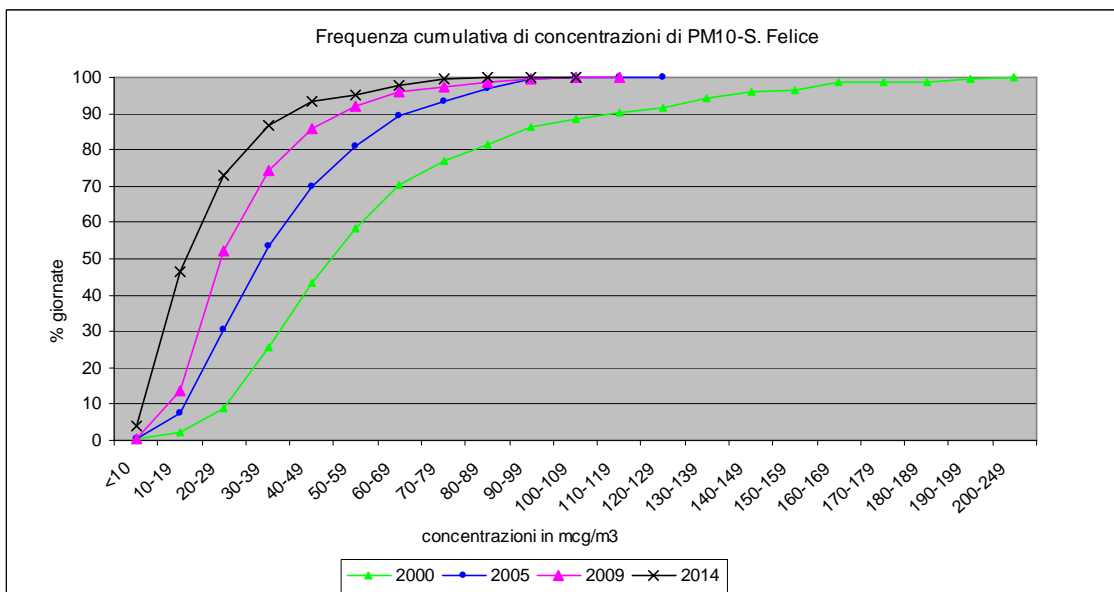
Nel periodo considerato, come si vede nel grafico, è presente un trend significativamente ( $p < 0,001$ ) in diminuzione ( $-1,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$  all'anno) con la concentrazione più bassa raggiunta nell'ultimo anno.



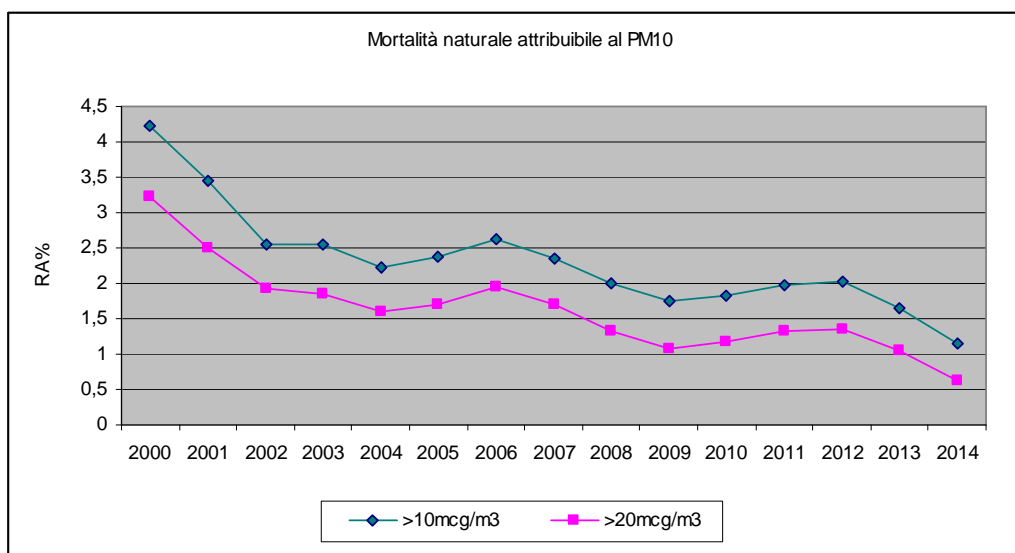
Considerando la distribuzione di frequenza delle concentrazioni giornaliere, suddivise in classi, si può disegnare il seguente grafico:



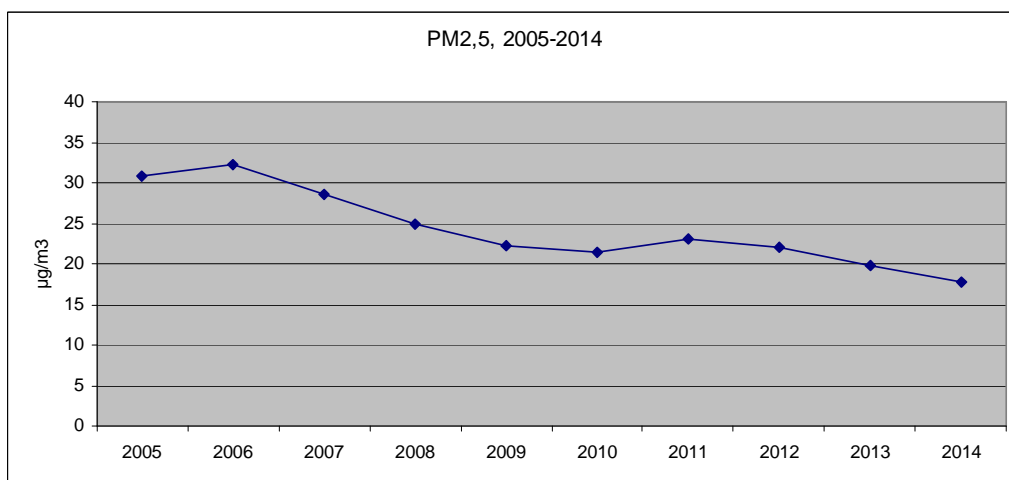
A partire dal 2000 le concentrazioni più frequenti si spostano nella parte sinistra del grafico, cioè verso i livelli di concentrazione più bassi, con una minore dispersione verso i valori più elevati, ancora più evidente nel 2014. Se consideriamo la distribuzione delle giornate con concentrazioni superiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , limite previsto dalla normativa, si nota come nel 2014, il 7% delle giornate ha valori superiori. Tali giornate erano oltre il 50% nel 2000 ed intorno al 15% nel 2009.



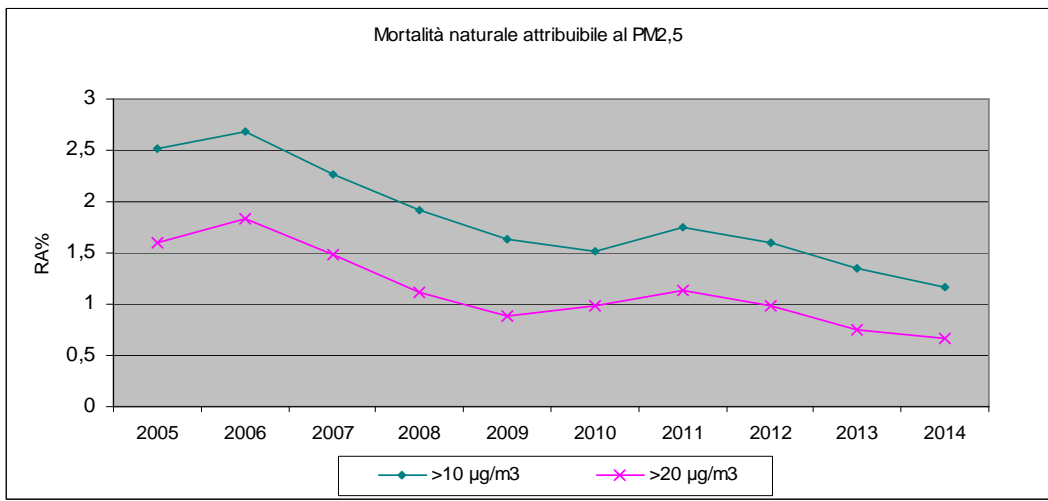
Per quanto riguarda la mortalità attribuibile al PM<sub>10</sub>, il RA% presenta un complessivo decremento con una riduzione superiore nei primi anni ed un decremento più modesto e non continuo successivamente. Nel 2014 si registra un ulteriore calo.



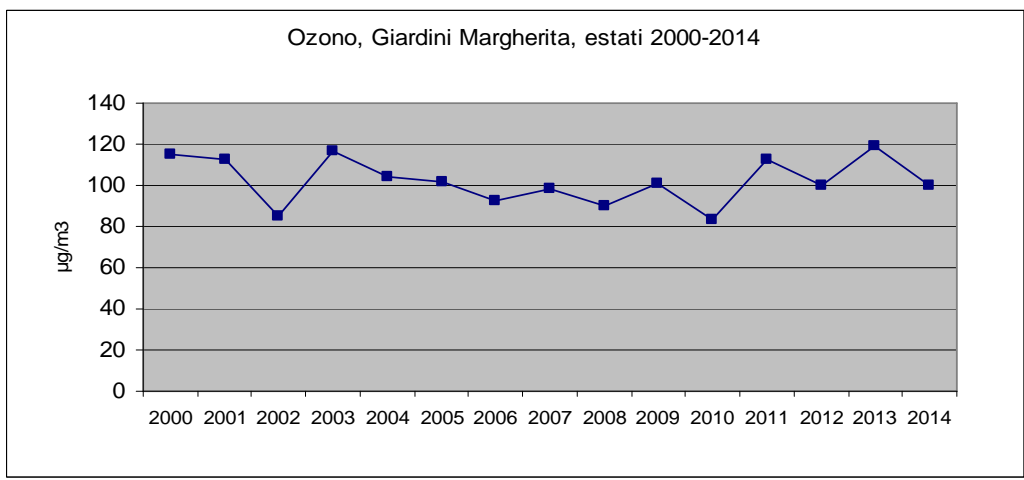
I dati sulle concentrazioni del PM<sub>2,5</sub> mostrano complessivamente un trend significativo (p=0,001) in riduzione con il valore più basso nel 2014.



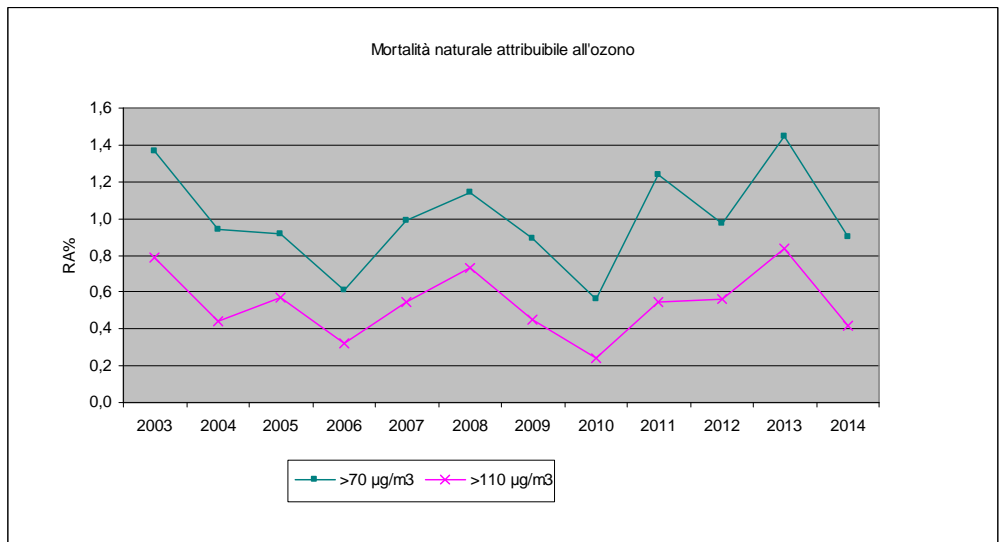
La mortalità attribuibile segue, conseguentemente, un andamento simile.



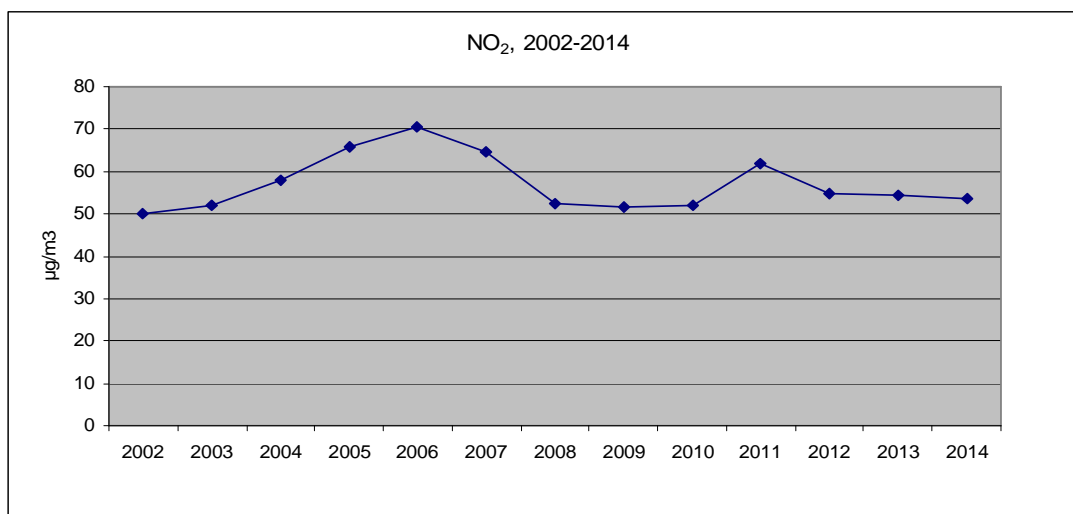
Un confronto storico è possibile con i dati dell’ozono rilevati dalla centralina dei Giardini Margherita. Dal confronto delle concentrazioni del periodo 2000-2014 non emerge alcun trend significativo di diminuzione o aumento, né esaminando i dati annuali delle massime delle medie delle 8h, né limitando l’analisi ai soli dati estivi.



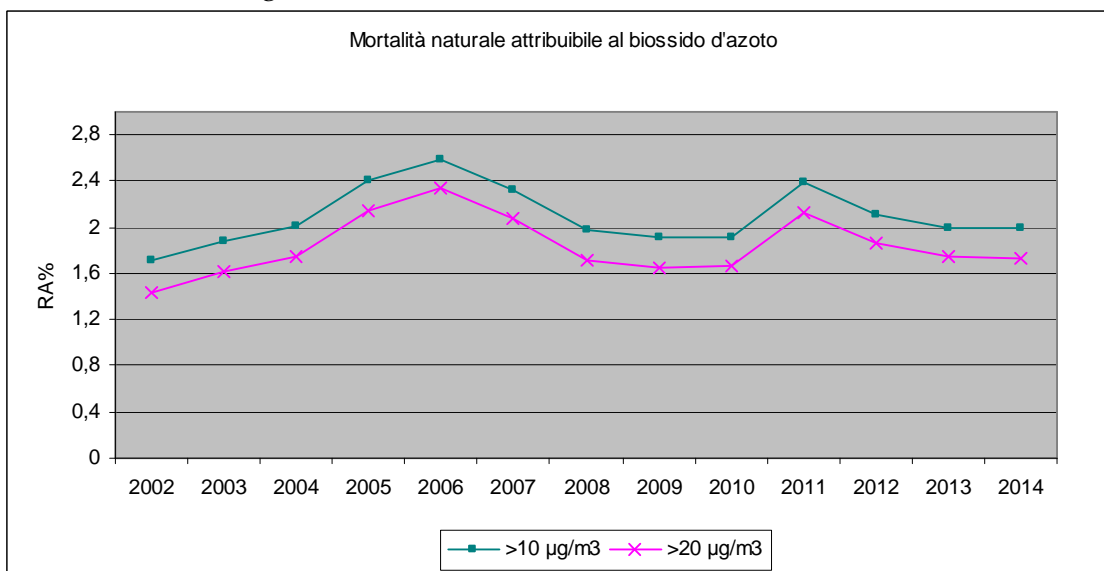
Anche la mortalità generale attribuibile all’ozono varia di anno in anno senza che vi sia un chiaro trend in una direzione. I valori più alti sono stati raggiunti nel 2003 e nel 2013.



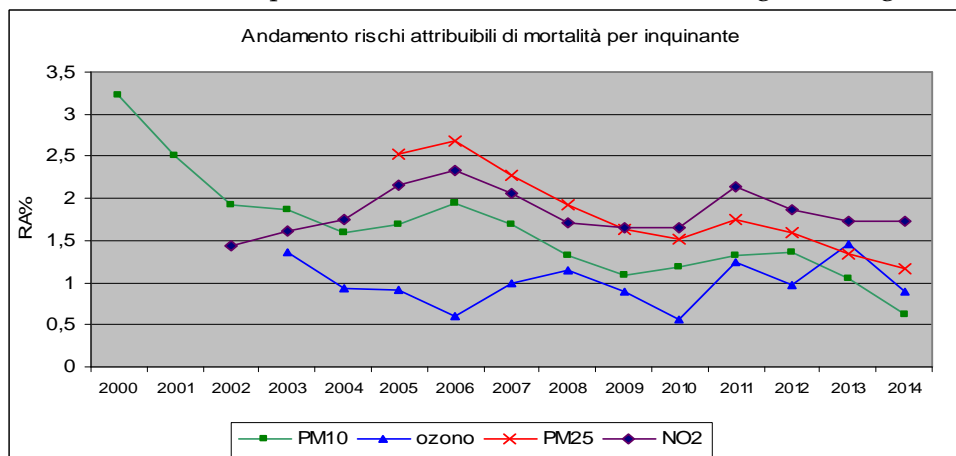
Per quanto riguarda le concentrazioni medie annue del NO<sub>2</sub> rilevate presso Porta San Felice, la serie storica del periodo 2002-2014 non evidenzia alcun trend in aumento o in diminuzione delle concentrazioni.



Simile andamento ha anche l’impatto sanitario del biossido di azoto sulla mortalità naturale, sostanzialmente stabile negli ultimi due anni.



In conclusione le concentrazioni medie annuali e l’impatto sanitario hanno un andamento temporale differente a seconda dell’inquinante. Per tutti gli inquinanti si registra, tuttavia, una riduzione o una sostanziale stabilità, con variazioni cicliche negli anni che si riflettono, conseguentemente, sull’andamento dell’impatto sanitario, come evidenziato dal grafico seguente.



## **7. Inquinamento atmosferico e attività del dipartimento di sanità pubblica**

Il Dipartimento di sanità pubblica si occupa dei problemi relativi all'inquinamento atmosferico in vari modi; è chiamato a dare pareri su Valutazioni di Impatto Ambientale, strumenti urbanistici, licenze all'utilizzo di gas tossici, autorizzazioni emissioni in atmosfera, a fare richiesta di provvedimenti relativi alla messa in sicurezza e ripristino dei siti inquinati, a partecipare a Conferenze dei Servizi o a tavoli regionali e/o provinciali sul tema. Ha recentemente partecipato a:

### **EpiAir<sup>4</sup>**

Studio multicentrico promosso dal Centro Nazionale per la Prevenzione ed il Controllo delle Malattie che ha analizzato gli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute in alcune città italiane (tra cui Bologna) nel periodo 2001-2005. Questo studio è proseguito come EpiAir 2, in continuità con quello precedente nel periodo 2006-2011. In questa seconda fase, è aumentato il numero di centri coinvolti (25) e oltre al PM<sub>10</sub>, ozono e NO<sub>2</sub>, è stato studiato l'effetto del PM<sub>2.5</sub>, sono stati approfonditi gli aspetti riguardanti la caratterizzazione chimica del particolato rilevato nelle aree urbane ed è stata aggiornata la revisione sui provvedimenti adottati nei principali centri italiani, con la finalità di valutarne l'efficacia. Lo studio si è concluso nel 2013 ed i risultati principali sono disponibili nel sito di Epidemiologia e Prevenzione:

<http://www.epiprev.it/pubblicazione/epidemiol-prev-2013-37-4-5>.

### **Indagine su aree critiche**

Sia nella città di Bologna che in altre zone del territorio provinciale esistono delle aree che più di altre, per la presenza di impianti industriali, possono presentare criticità in ambito ambientale e sanitario. In questi casi l'Azienda Usl, anche su indicazione di Arpa, del Comune e di comitati di cittadini, provvede a condurre indagini specifiche sullo stato di salute della popolazione interessata. Spesso oltre alla problematica dell'inquinamento atmosferico è emersa la necessità di affrontare l'impatto sulla salute determinato da cattivi odori o esalazioni provenienti da impianti industriali. In questo senso, insieme ad Arpa ed in accordo con le amministrazioni deputate, si è cercato di individuare localmente le fonti odorigene che rappresentano un potenziale incremento di rischio sanitario. Ciò anche in ragione di quanto sta emergendo dalla letteratura<sup>13</sup>.

### **Supersito<sup>15</sup>**

È un progetto della Regione Emilia Romagna coordinato da Arpa. L'obiettivo del progetto è quello di migliorare le conoscenze relativamente agli aspetti ambientali del particolato fine ed ultrafine, nelle componenti primarie e/o secondarie, presente in atmosfera, al fine di avviare in Emilia-Romagna un programma sull'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico, fondato sull'utilizzo di indicatori ambientali e sanitari affidabili e standardizzati, da poter utilizzare, non solo per promuovere lo sviluppo di politiche di prevenzione, ma anche per valutare l'efficacia degli interventi preventivi intrapresi, a breve e a lungo termine. Il progetto approfondisce aspetti ancora non sufficientemente esplorati, quali: il contributo delle varie sorgenti emissive, i processi di trasformazione chimici e fisici che avvengono in atmosfera, aspetti tossicologici e di rischio, oltre ad aspetti legati alla salute a breve ed a lungo termine<sup>16</sup>

Questo progetto, avviato nel 2011, si avvale di collaborazioni nazionali ed internazionali e dal 2013 vede la partecipazione dell'Azienda Usl di Bologna nella raccolta dei dati utili ad una delle linee progettuali, avente come obiettivo specifico quello di studiare gli effetti sanitari degli inquinanti.

## Considerazioni

L'analisi dei dati ambientali degli ultimi anni evidenzia un miglioramento della qualità dell'aria soprattutto rispetto al monossido di carbonio, al biossido di zolfo, al benzene e alle polveri sia a livello della Regione Emilia Romagna che della Provincia di Bologna. In particolare, il rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Bologna di Arpa<sup>10</sup> del 2014 riporta una riduzione delle concentrazioni medie del PM<sub>10</sub> e del PM<sub>2,5</sub> e del numero di giorni di superamento della media giornaliera (50 µg/m<sup>3</sup>) del PM<sub>10</sub> nel corso degli ultimi anni. In particolare nessuna centralina avrebbe superato il limite annuo di 40 µg/m<sup>3</sup> e il limite di 35 giornate con concentrazioni superiori a 50 µg/m<sup>3</sup> del PM<sub>10</sub> ed il limite di 26 µg/m del Pm<sub>2,5</sub>. Rimangono però delle situazioni critiche per il biossido di azoto e per l'ozono di cui non si evince un trend univoco sul lungo periodo con superamenti dei limiti (o della soglia di informazione e valore obiettivo per l'ozono) in qualche centralina.

Le riduzioni di questi inquinanti sono state favorite secondo quanto discusso nel rapporto di Arpa da particolari condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato il 2014<sup>9</sup>. A queste si aggiungono anche diverse concause di natura antropica quali crisi economica, diffusione di veicoli a basso consumo, minori emissioni da parte degli impianti di riscaldamento che hanno portato ad una riduzione delle emissioni. A questi andamenti consegue una riduzione dell'impatto sanitario delle polveri e la sostanziale stabilità dell'impatto sanitario esercitato dal biossido di azoto e dall'ozono, pur con variazioni interannuali.

Nel complesso, nonostante i miglioramenti, l'inquinamento atmosferico rappresenta ancora un pericolo per la salute. I RA% della mortalità naturale considerati sono uguali o vicini ad 1 considerando come valore soglia i 10 µg/m<sup>3</sup> o i 70 µg/m<sup>3</sup> per l'ozono nel breve termine, ma superiori al 3% nel lungo termine. Inoltre si stima che a causa dell'inquinamento la speranza di vita alla nascita si riduca di circa 4 mesi circa.

La Valutazione Sanitaria della Qualità dell'Aria si basa sull'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 diverse<sup>16-17</sup>

Occorre tenere presente che la valutazione si basa su varie assunzioni. Abbiamo già parlato a proposito dell'esposizione della popolazione ai vari inquinanti: in presenza di dati provenienti da più centraline, si è assunto come valore dell'esposizione media della popolazione la media dei loro valori. Inoltre, le stime di impatto sono state calcolate utilizzando i rischi relativi aggiornati dell'OMS che non necessariamente sono quelle del territorio bolognese del 2014. Lo studio EpiAir<sup>4</sup>, e le metanalisi di Arpa-RER hanno fornito rischi relativi, per esiti nel breve termine, tendenzialmente inferiori a quelli suggeriti dall'OMS. I risultati di impatto nel breve termine presentati come principali in questo rapporto sovrastimano quindi probabilmente l'impatto reale, pur avendo lo stesso ordine di grandezza. Differenze geografiche o temporali del rischio di effetto associato agli inquinanti possono dipendere da una loro diversa composizione chimica, da diverse situazioni meteorologiche, dal tempo trascorso all'esterno delle abitazioni, dall'uso di condizionatori e dalla diffusione di inquinanti all'interno della casa<sup>18-27</sup>. Ad esempio, il minor rischio associato all'ozono, evidenziato nel progetto EpiAir 2, potrebbe dipendere anche dalle misure adottate dai cittadini per fronteggiare le ondate di calore<sup>26</sup> e non tanto da un reale minor effetto dell'ozono.

Questa valutazione si limita a offrire un quadro solo parziale degli effetti sanitari dell'inquinamento. L'impatto sanitario viene studiato solo per alcuni esiti, quali mortalità e ricoveri per alcune patologie e non vengono considerati altri esiti, come ad es. diabetem nascite pretermine e il basso peso alla nascita, seppur evidenziati da studi recenti<sup>28-30</sup> o gli effetti sulle categorie più vulnerabili<sup>31</sup>. Inoltre, nel calcolo dell'impatto a lungo termine, vengono considerati gli anni di vita persi, ma non l'attesa di vita corretta per disabilità (DALYs)<sup>5</sup>. Si deve poi aggiungere l'impatto che l'inquinamento ha sull'ambiente, sugli animali, sugli ecosistemi e sul clima, a loro volta indi-

rettamente associati alla salute e al benessere fisico e psichico dell'uomo di questa e delle generazioni successive.

Nel corso degli ultimi anni sono state adottate varie misure per contenere il livello degli inquinanti. Il territorio della Provincia di Bologna è stato teatro di più interventi sia locali che generali. Oltre agli accordi per il controllo del traffico autoveicolare nei mesi invernali, ci sono stati interventi mirati a ridurre le emissioni in atmosfera (incentivi per l'acquisto e la trasformazione di veicoli più ecocompatibili), a incentivare il trasporto collettivo (car sharing e pooling) e a istituire zone a traffico limitato. Tuttavia questi interventi ed il ricambio del parco veicolare, cui sono attribuibili alcuni dei miglioramenti registrati, non sono sufficienti anche per il contesto meteorologico ed orografico della pianura padana. La concentrazione media di fondo delle polveri e dell'ozono nella regione dipende, in parte, secondo gli ultimi rapporti Arpa, dall'inquinamento a grande scala tipico della pianura padana, per cui le misure di riduzione delle emissioni inquinanti applicate sul territorio possono agire solo in parte, rendendo indispensabile l'adozione di misure coordinate tra le varie regioni<sup>32-35</sup>.

Migliorare la qualità dell'aria rimane una sfida difficile per gli anni futuri. Intanto la Regione Emilia Romagna, recependo la normativa nazionale, ha adottato nel 2014 un unico Piano Regionale per contrastare l'inquinamento atmosferico che si auspica possa potenziare interventi strutturali e lavorare in una dimensione di area vasta ed integrata<sup>8</sup>. Mentre a livello di ricerca si auspica che gli studi intrapresi, anche a livello regionale, contribuiscano a colmare alcune lacune conoscitive utili al miglioramento della qualità dell'aria.



## Breve glossario

Intervallo di Confidenza (IC): esprime l'intervallo di valori entro i quali si stima che cada con una probabilità prescelta (in questo documento pari a 0,95 o in termini percentuali 95%) il valore vero della popolazione. Alla base del calcolo c'è la stima puntuale di un determinato parametro, l'errore standard associato e il modello di distribuzione probabilistico. L'ampiezza dell'intervallo di confidenza dipende dalla numerosità del campione e dall'errore standard.

Rischio attribuibile percentuale nella popolazione: indica quale proporzione di eventi sfavorevoli si potrebbe evitare nell'intera popolazione, rimuovendo completamente da essa l'esposizione al fattore di rischio.

La sua formula è, pertanto: (rischio nella popolazione - rischio nei non esposti) / rischio nella popolazione.

Rischio relativo (RR: relative risk o risk ratio) è il rapporto tra la probabilità che si verifichi un evento (malattia o decesso) in un gruppo di esposti, e la probabilità che si verifichi lo stesso evento in un gruppo di non esposti.

La sua formula è: (rischio negli esposti)/(rischio nei non esposti)

L'esposizione può essere rappresentata da fattori ambientali, socio-demografici (età, residenza, livello socio-economico), interventi sanitari, terapie. Possono essere fattori di rischio o protettivi

Se  $RR = 1$  significa che il rischio che si verifichi l'evento nei 2 gruppi è uguale ossia che l'esposizione non modifica la probabilità che si verifichi l'evento. Se il  $RR > 1$  significa che il rischio di evento nel gruppo degli esposti è superiore rispetto al gruppo di controllo. Se il  $RR < 1$  significa che il rischio di evento nel gruppo degli esposti è inferiore rispetto al gruppo di controllo.

Speranza di vita: la speranza di vita all'età X rappresenta il numero medio di anni che una persona alla nascita o a una qualsiasi età può aspettarsi di vivere in un determinato anno e territorio, ossia il numero medio di anni vissuti da una generazione fittizia di sopravvissuti a quella età. Viene calcolata sulla base delle cosiddette "tavole di mortalità o sopravvivenza" nell'anno e nel territorio considerato.

Tasso di mortalità: esprime il numero di decessi osservati ogni 100.000 (o altri multipli di 10) residenti in una popolazione, in un dato periodo. Si ottiene come rapporto tra il numero di morti osservati in un arco temporale (nel nostro caso un anno) e la popolazione a rischio nel periodo.

Tasso di ospedalizzazione: esprime il numero di ricoveri osservati ogni 100.000 (o altri multipli di 10) residenti in una popolazione in un dato periodo. Si ottiene come rapporto tra il numero di ricoveri osservati in un arco temporale (nel nostro caso un anno) e la popolazione a rischio nel periodo.

**BIBLIOGRAFIA**

1. WHO Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report 2013. WHO Copenhagen, Denmark.
2. IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. Press release 221 , 2013, Lyon France
3. Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet* 2014 1;383(9919):785-95.
4. EpiAir. Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione (EpiAir) <http://www.EpiAir.it/>
5. Hänninen O, Knol AB, Jantunen M et al. Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. *Environ Health Perspect*. 2014;122(5):439-46.
6. Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio. VIIAS. Valutazione Integrata dell'impatto ambientale e sanitario. 2015. [www.viias.it](http://www.viias.it)
7. European Environmental Agency. 2013: Kicking off the 'Year of Air'<http://www.eea.europa.eu/highlights/2013-kicking-off-the-2018year>.
8. Regione Emilia Romagna. Piano aria - Pair2020. <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/aria-rumore-elettrosmog/temi/pair2020>.
9. Arpa Sezione provinciale di Bologna. Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Provincia di Bologna. Report dei dati 2014. Giugno 2015.
10. 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](http://euro.who.int/eprise/main/WHO/Progs/Activities/20040428_2)).
11. WHO Regional Office for Europe. HRAPIE project: recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. 2013 WHO Copenhagen, Denmark.
12. WHO. WHO Expert Meeting: Methods and tools for assessing the health risks of air pollution at local, national and international-level Meeting report, Bonn, May 2014.
13. Sito internet della Regione Emilia Romagna (<http://www.regione.emilia-romagna.it/statistica/>).
14. Registri di mortalità delle Aziende Usl di Bologna e Imola.
15. Supersito. Qualità dell'aria e salute. <http://www.arpa.emr.it/supersito/index.asp>
16. Fattore E, Paiano V, Borgini A et al. Human health risk in relation to air quality in two municipalities in an industrialized area of Northern Italy. *Environmental Research* 2011; 111:1321-1327.
17. Tominz R Mazzoleni B, Daris F. Stima dei potenziali benefici sanitari della riduzione dell'inquinamento atmosferico da PM10 nella città di Trieste. *Epidemiol Prev* 2005; 29:149-55.
18. Cassee FR, Héroux ME, Gerlofs-Nijland ME et al. Particulate matter beyond mass: recent health evidence on the role of fractions, chemical constituents and sources of emission. *Inhal Toxicol*. 2013 ;25(14):802-12.
19. Dominici F, Wang Y, Correia AW et al. Chemical composition of fine particulate matter and life expectancy. *Epidemiology*. 2015;26:556-564
20. Chung Y, Dominici F, Wang Y et al. Associations between Long-Term Exposure to Chemical Constituents of Fine Particulate Matter (PM2.5) and Mortality in Medicare Enrollees in the Eastern United States. *Environ Health Perspect* 123;467-474.
21. Heo J, Schauer JJ, Yi O et al. Fine particle air pollution and mortality. *Epidemiology*. 2014;25:379-388.
22. Sarnat S E, Winquist A, Schauer JJ et al. Fine Particulate Matter Components and Emergency Department Visits for Cardiovascular and Respiratory Diseases in the St. Louis, Missouri-Illinois, Metropolitan Area. *Environ Health Perspect* 2015;123:437-444.
23. Dai L, Zanobetti A, Koutrakis p et al. Associations of Fine Particulate Matter Species with Mortality in the United States: A Multicity Time-Series Analysis. *Environ Health Perspect* 2014;122:837-842.
24. Wolf K, Stafoggia M, Cesaroni G. Long-term exposure to particulate matter constituents and the incidence of coronary events in 11 European cohorts. *Epidemiology*. 2015;26:565-574.
25. Chen R, Cai J, Meng X. Ozone and Daily Mortality Rate in 21 Cities of East Asia: How Does Season Modify the Association? *Am J Epidemiol*. 2014;180:729-736.
26. Cadum E, Forastiere F. [EpiAir Project: introduction and reading guide to the articles]. *Epidemiol Prev*. 2013 Jul-Oct;37(4-5):206-8.
27. Sujaritpong S, Dear K, Cope M et al. Quantifying the health impacts of air pollution under a changing climate-a review of approaches and methodology. *Int J Biometeorol*. 2014;58:149-60.
28. Eze IC, Hemkens LG, Bucher CH et al. Association between ambient air pollution and diabetes mellitus in Europe and North America: systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2015;123:381-389.
29. Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C, et al. Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE). *Lancet Respir Med*. 2013;1(9):695-704
30. Stieb DM, Chen L, Eshoul M, et al. Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: a systematic review and meta-analysis. *Environ Res*. 2012;117:100-11.
31. Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Who is more affected by ozone pollution? A systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol*. 2014;180(1):15-28.
32. ISPRA. Qualità dell'aria [http://www.isprambiente.gov.it/site/it-it/Temi/Aria/Qualit%C3%A0\\_dell'aria/](http://www.isprambiente.gov.it/site/it-it/Temi/Aria/Qualit%C3%A0_dell'aria/)
33. European Environmental Agency. Air Quality in Europe- 2011 report Copenhagen.
34. Lioy PJ, Georgopoulos PG. New Jersey: A Case Study of the Reduction in Urban and Suburban Air Pollution from the 1950s to 2011 doi: 10.1289/ehp.1103540
35. Arpa Emilia Romagna, Regione Emilia Romagna. La qualità dell'aria in Emilia Romagna. 2013