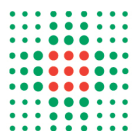


VALUTAZIONE SANITARIA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A BOLOGNA 2018



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

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

Valutazione sanitaria della qualità dell'aria a Bologna, 2018

A cura di:

Elisa Stivanello, Patrizia Biavati, Vincenza Perlangeli, Roberta Santini, Paolo Pandolfi*

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

*Direttore Dipartimento di Sanità Pubblica

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 sanitari dell'Azienda USL di Imola;

i colleghi di Arpae per l'invio periodico dei dati ambientali.

Per informazioni:

elisa.stivanello@ausl.bologna.it

paolo.pandolfi@ausl.bologna.it

Novembre 2019

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

| | |
|---|----|
| Premessa | 4 |
| Indicatori dell'inquinamento atmosferico | 5 |
| Metodi | 6 |
| VIS per la Città Metropolitana di Bologna | 9 |
| VIS per il Comune di Bologna | 14 |
| Confronto temporale | 18 |
| Considerazioni | 24 |
| Breve glossario | 25 |
| Bibliografia | 26 |

Premessa

E ormai accertato che l'ambiente è uno dei determinanti fondamentali dello stato di salute della popolazione umana e l'inquinamento atmosferico è un riconosciuto fattore di rischio per la salute. Numerosi studi, anche recenti, hanno confermato i suoi effetti sulla mortalità e sulla morbilità e del ricorso ai servizi sanitari per diverse cause (REVIHAAP¹, ESCAPE²⁻⁶, EBoDE⁷, EpiAir2⁸) e nel 2013 l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) l'ha classificato come carcinogeno di classe 1⁹. Con effetti più importanti soprattutto nelle categorie più fragili bambini, anziani o soggetti con patologie croniche.

Dal 2003 il Dipartimento di Sanità Pubblica dell'Azienda USL di Bologna produce questo rapporto di valutazione di impatto sanitario (VIS) con l'obiettivo di monitorare l'impatto che i principali inquinanti atmosferici producono sulla salute dei residenti nel territorio della Città Metropolitana di Bologna.

L'impatto è stato stimato in termini di mortalità, ricoveri e anni di vita persi della popolazione residente nel 2018 nella Città Metropolitana di Bologna; è stato calcolato sia per il breve che per il lungo termine e confrontato con le stime degli anni precedenti (2000-2017). L'impatto viene 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. Sono stati presi in considerazione gli inquinanti atmosferici che determinano le maggiori criticità per la salute: il PM₁₀, il PM_{2,5}, il biossido di azoto (NO₂) e l'ozono (O₃).

Questo rapporto rappresenta quindi uno strumento per campagne di comunicazione e informazione sull'inquinamento atmosferico e la salute umana ed uno strumento di supporto nelle decisioni per la tutela della salute.

Indicatori dell'inquinamento atmosferico

Le informazioni sulle concentrazioni del PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e O₃ derivano dalla rete delle centraline Arpae di monitoraggio della qualità dell'aria del territorio della Città Metropolitana di Bologna. Nel 2018 erano operative le seguenti centraline¹⁰:

| Rete centraline Arpae, Città Metropolitana, 2018 | | Inquinanti | | | |
|--|---------------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| | | PM ₁₀ | PM _{2,5} | O ₃ | NO ₂ |
| Bologna | Giardini Margherita | | * | | |
| | Porta San Felice | | * | | |
| | Chiarini | | | | |
| San Lazzaro - Poggi | | | | | |
| Molinella - S.Pietro Capofiume | | | * | | |
| Imola De Amicis | | | | | |
| Porretta Terme Castelluccio | | | | | |

per impatto a breve termine; *per impatto a lungo termine;

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 centraline della Città Metropolitana. L'assunto supera il problema degli spostamenti della popolazione che avvengono nel corso dell'anno all'interno della Città Metropolitana per motivi di lavoro o per altri motivi. Similmente, come valore dell'esposizione della popolazione del Comune di Bologna, si considera la media dei valori di concentrazione giornaliera od oraria forniti dalle 3 centraline del Comune (Giardini Margherita, Porta San Felice e Chiarini).

Per approfondimenti sui valori degli inquinanti a livello delle singole centraline e sui superamenti dei limiti normativi si rimanda al documento Arpae¹⁰ già citato.

Valori medi delle centraline in µg/m³, 2018

| | | Città Metropolitana di Bologna | Comune di Bologna |
|-------------------------|--|--------------------------------|-------------------|
| PM₁₀ | N. dati validi | 365 | 365 |
| | Media annua | 23,78 | 24,27 |
| | Massima annua | 82,67 | 88,3 |
| | Giorni >50 µg /m³ | 13 | 14 |
| PM_{2,5} | N. dati validi | 365 | 365 |
| | Media annua | 16,57 | 16,50 |
| | Massima annua | 62 | 64,5 |
| Ozono | N. dati validi | 365 | 365 |
| | Media annua | 42,03 | 40,53 |
| | Max annua media 8 h | 153,83 | 151,88 |
| | Giorni con media max 8h>120 µg/m³ | 41/42 | 41/42 |
| NO₂ | N. giorni validi | 365 | 365 |
| | Media annua | 25,83 | 31,33 |
| | Massima oraria | 85,00 | 106,67 |

Metodi

L'impatto è stato valutato in termini di:

- 1) numero di decessi o ricoveri che si sarebbero potuti evitare se 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'esposizione⁹;
- 3) anni di vita persi, ossia il numero di anni di vita persi a seguito dell'esposizione alle concentrazioni raggiunte dal PM_{2,5} nel 2018 utilizzando la soglia di non effetto di 10 µg/m³.

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.

Il calcolo degli indicatori d'impatto a breve e lungo termine è stato effettuato utilizzando il software AirQ vers 1.3 prodotto e distribuito dal WHO European Centre for Environment and Health¹¹.

Si sottolinea che a causa di correlazioni tra i vari inquinanti, non è corretto sommare tra loro gli impatti stimati dei diversi inquinanti, in quanto ciò porterebbe ad una complessiva sovrastima. Questo discorso vale ancora di più tenendo conto che il PM_{2,5} è parte del PM₁₀^{1, 12}. 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 con diagnosi di patologie cardiovascolari e respiratorie definiti in base ai codici del sistema di classificazione internazionale delle malattie: ICD X (decessi dal 2009) e ICD IX (ricoveri).

Per il calcolo dell'impatto sono state applicate delle stime di rischi relativi (RR) di riferimento raccomandati dall'OMS all'interno del Progetto HRAPIE (Health Risk for air pollution in Europe) e dal rapporto dell'Expert Meeting¹³⁻¹⁴ o indicati in AirQ versione 2.2.3.

RR utilizzati per la valutazione di impatto a breve termine:

| Inquinante | Unità di misura (µg/m ³) | Esito/Impatto | Codici ICD X/ ICD IX | Fonte | RR (IC95%) per 10 µg/m ³ |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|-------------------------------------|
| PM ₁₀ | media giornaliera | Mortalità naturale | <S00 | AirQ | 1,0074 (1,0062-1,0086) |
| PM _{2,5} | media giornaliera | Mortalità naturale | <S00 | HRAPIE | 1,0123 (1,0045-1,0201) |
| | | Ricoveri cause respiratorie | 460-519 | HRAPIE | 1,0190 (0,9982-1,0402) |
| | | Ricoveri cause cardiovascolari | 390-459 | HRAPIE | 1,0091 (1,0017-1,0166) |
| O ₃ | media giornaliera max su 8 h | Mortalità naturale | <S00 | HRAPIE | 1,0029 (1,0014-1,0043) |
| | | Mortalità respiratoria | J00-J99 | HRAPIE | 1,0029 (0,9989-1,007) |
| | | Mortalità cardiovascolare | I00-I99 | HRAPIE | 1,0049 (1,0013-1,0085) |
| | | Ricoveri cause cardiovascolari | 390-429 | HRAPIE | 1,0089 (1,0050-1,0127) |
| | | Ricoveri cause respiratorie | 460-519 | HRAPIE | 1,0044 (1,0007-1,0083) |
| NO ₂ | media giornaliera max su 1 h | Mortalità naturale | <S00 | HRAPIE | 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 | Unità di misura ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Esito/Impatto | Codici ICD X | Fonte | RR (IC95%) per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|-------------------|--|---|--------------|--------|--|
| PM _{2,5} | media annuale | Mortalità naturale (nella popolazione >30 anni) | <S00 | HRAPIE | 1,062 (1,040-1,083) |
| | | 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) |
| NO ₂ | Media annuale | | | | 1,055 (1,031-1,08) |

RR utilizzati per la valutazione di impatto a lungo termine:

3.2 Soglie

Per il calcolo dell'impatto, sono state considerate come soglie "di non effetto" i 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e valori sulla base di indicazioni normative o di indicazioni dell'OMS (in grassetto quelli di riferimento)¹².

| Inquinante | Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ considerate come soglie di "non effetto" |
|-------------------|---|
| PM ₁₀ | 10, 20 , 40 |
| PM _{2,5} | 10 , 20 |
| Ozono | 10, 70 , 110 |
| NO ₂ | 10, 20 |

3.3 Confronti temporali

Per i confronti temporali sono stati considerati solo i dati ambientali provenienti dalla stessa centralina applicando le stesse stime di rischio. Per le polveri e il biossido d'azoto si è considerata la centralina di Porta San Felice e per l'ozono quella dei Giardini Margherita di Bologna. Landamento temporale dell'impatto è stato studiato utilizzando un modello di regressione lineare.

3.4 Considerazione

Questa valutazione si limita a offrire un quadro solo parziale degli effetti sanitari dell'inquinamento. L'impatto sanitario viene studiato solo per alcuni esiti di salute, quali mortalità e ricoveri per alcune patologie e non vengono considerati altri esiti, come ad es. diabete¹⁴⁻¹⁵, ipertensione¹⁶, nascite pretermine e il basso peso alla nascita¹⁷⁻¹⁹, disturbi neurologici^{15,20-21} compresa la demenza, neuropsichiatrici come l'autismo e altri tumori²¹⁻²³, le cui associazioni con inquinamento atmosferico sono emerse in studi recenti o gli effetti sulle categorie più vulnerabili²⁴ e sui soggetti di basso livello socioeconomico²⁵. 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)⁷.

Le stime di impatto sono state calcolate utilizzando i RR aggiornati dell'OMS che non necessariamente sono quelle del territorio bolognese del 2018 e che potrebbero differire per una diversa composizione chimica delle polveri, per diverse situazioni meteorologiche, per il tempo trascorso all'esterno delle abitazioni, per l'uso di condizionatori e per la diffusione di inquinanti all'interno della casa²⁶⁻³⁵. In valutazioni precedenti erano state fatte delle analisi utilizzando RR stimati in studi locali e non erano emerse differenze sostanziali negli impatti calcolati.

VIS per la Città Metropolitana di Bologna

4.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

Per calcolare le stime d'impatto è necessario avere a disposizione i dati sulla popolazione media residente nel 2018 ed i tassi grezzi degli effetti da misurare

| Popolazione ³⁶ (aggiornato 9/6/19) | 1/1/2018 | 1/1/2019 | media nel 2018 |
|---|-----------|-----------|----------------|
| Tutte le età | 1,013,155 | 1,016,792 | 1,014,974 |
| Età >30 anni | 748,110 | 749,864 | 748,987 |

Nel 2018 i residenti deceduti³⁷ in qualsiasi località, con i relativi tassi grezzi (rapporto tra il numero di morti e la popolazione media del periodo) per 100.000 sono:

| Cause mortalità | Numero | Tasso mortalità x 100.000 |
|---|--------|---------------------------|
| Mortalità naturale (ICD X > S00) - tutte le età | 11047 | 1088.4 |
| >30 anni | 11006 | 1469.5 |
| Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99) | 3841 | 378.4 |
| <30 anni | 3837 | 512.3 |
| Mortalità per malattie apparato respiratorio (ICD X J01-J99) | 1051 | 103.5 |
| Mortalità per tumore bronchi/polmone (ICD X C33 e C34) >30 anni | 546 | 53.8 |

Il numero totale di ricoveri in regime ordinario ed il relativo tasso grezzo per 100.000 che si osserva tra i residenti nella Città Metropolitana in strutture sanitarie dello stesso territorio sono:

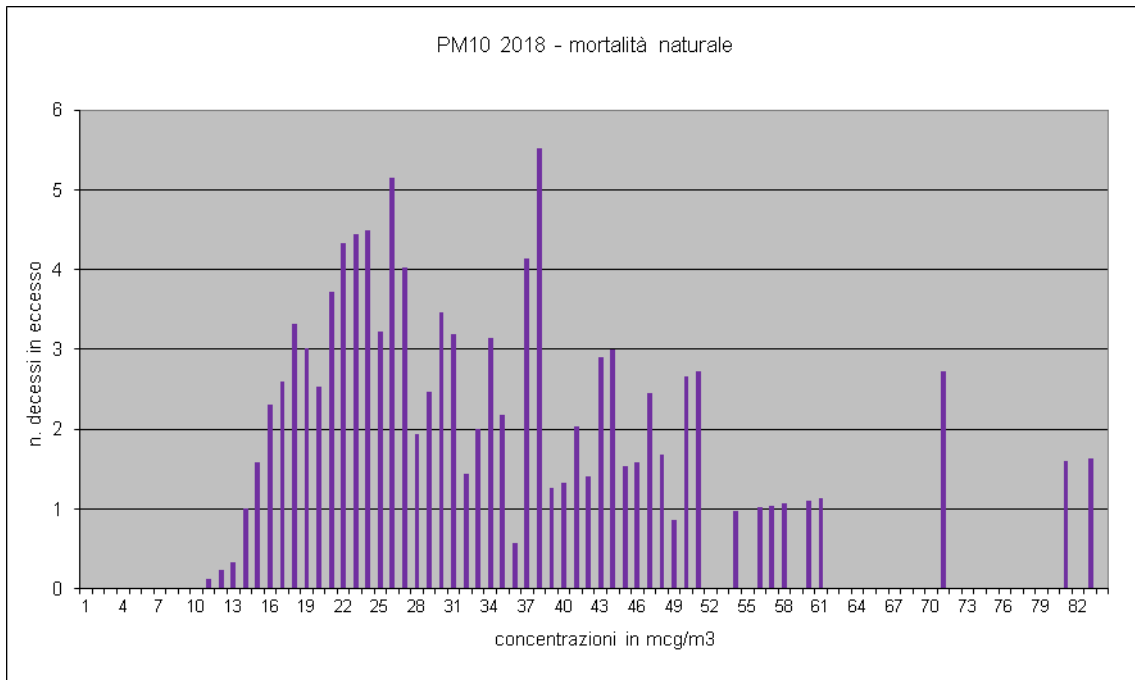
| Cause ricoveri | Numero (tutte le età) | Tasso ospedalizzazione x 100.000 |
|--|--------------------------|--|
| malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429) | 11223 | 1105.7 |
| (ICD IX 390-459) | 18178 | 1791.0 |
| malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519) | 12168 | 1198.8 |

4.2 Impatto a breve termine del **PM₁₀**

Nel 2018 nella Città Metropolitana di Bologna, alla soglia di 20 µg/m³, il numero dei morti per cause naturali attribuibili al PM₁₀ è pari a 52 (IC95% 44-61), corrispondente ad un RA% dello 0,47%. Il numero di morti in eccesso attribuibili al PM₁₀ 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.

| Città Metropolitana, 2018 | Valore limite di PM10 (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | | |
|---------------------------|---|-----------------|-----------------|
| | >40 | >20 | >10 |
| Mortalità Naturale | | | |
| N decessi (IC 95%) | 9(7-10) | 52 (44-61) | 114 (96-133) |
| RA% (IC95%) | 0,08 (0,07-0,09) | 0,47 (0,40-050) | 1,03 (0,87-1,2) |

La figura sottostante mostra come sono distribuiti i 114 morti in eccesso alla soglia di 10 µg/m³. Il 68% (n=78) dei morti in eccesso avviene ad esposizioni inferiori a 40 µg/m³.



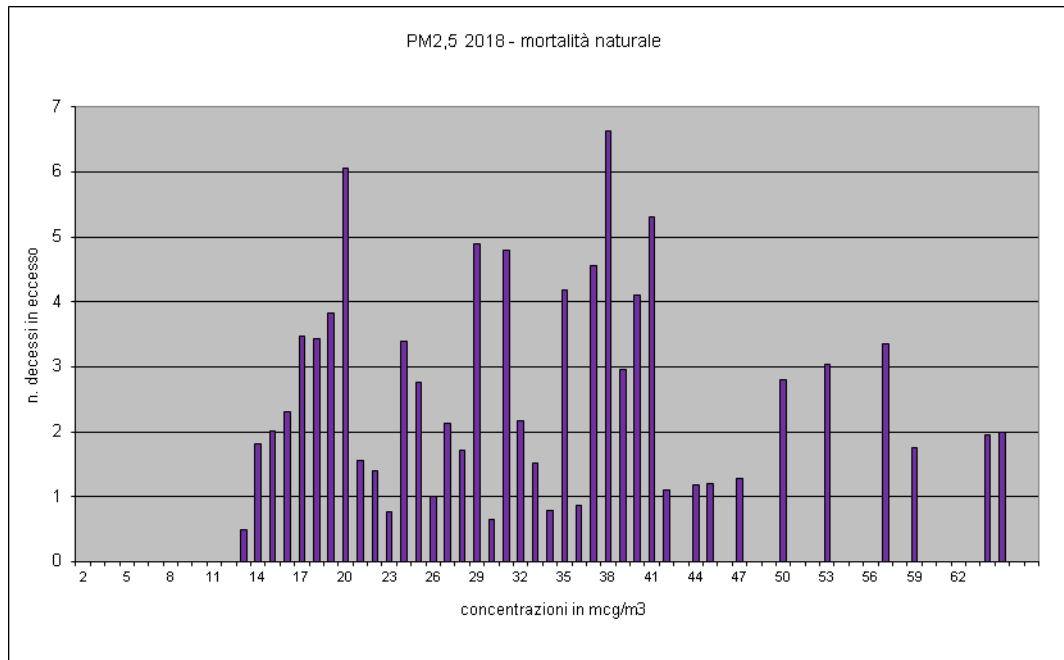
4.3 Impatto a breve termine del PM2,5

Alla soglia di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, il numero di morti attribuibili al PM2,5 è di 101, corrispondente allo 0,92% di tutti i decessi per cause naturali.

Il PM2,5 ha un impatto maggiore sui ricoveri per patologie respiratorie rispetto a quelle cardiovascolari.

| Città Metropolitana, 2018 | Valore limite di PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera non si abbiano effetti sulla salute) | |
|--|---|------------------|
| | >20 | >10 |
| Mortalità Naturale | | |
| N. decessi (IC 95%) | 41 (15-68) | 101 (37-165) |
| RA% (IC 95%) | 0,38 (0,14-0,61) | 0,92% (0,34-1,5) |
| Ricoveri per patologie respiratorie | | |
| N ricoveri (IC 95%) | 71 (0-150) | 172 (0-363) |
| RA % (IC95%) | 0,58 (0-1,23) | 1,42 (0-2,98) |
| Ricoveri per patologie cardiovascolari | | |
| N ricoveri (IC 95%) | 50 (9-92) | 124 (23-225) |
| RA % (IC95%) | 0,28 (0,05-0,51) | 0,68 (0,13-1,24) |

La figura sottostante mostra come sono distribuiti i 101 morti in eccesso alla soglia di PM2,5 maggiore di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, quasi il 60% dei morti in eccesso avviene a concentrazioni tra i 20 ed i 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM2,5.



4.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

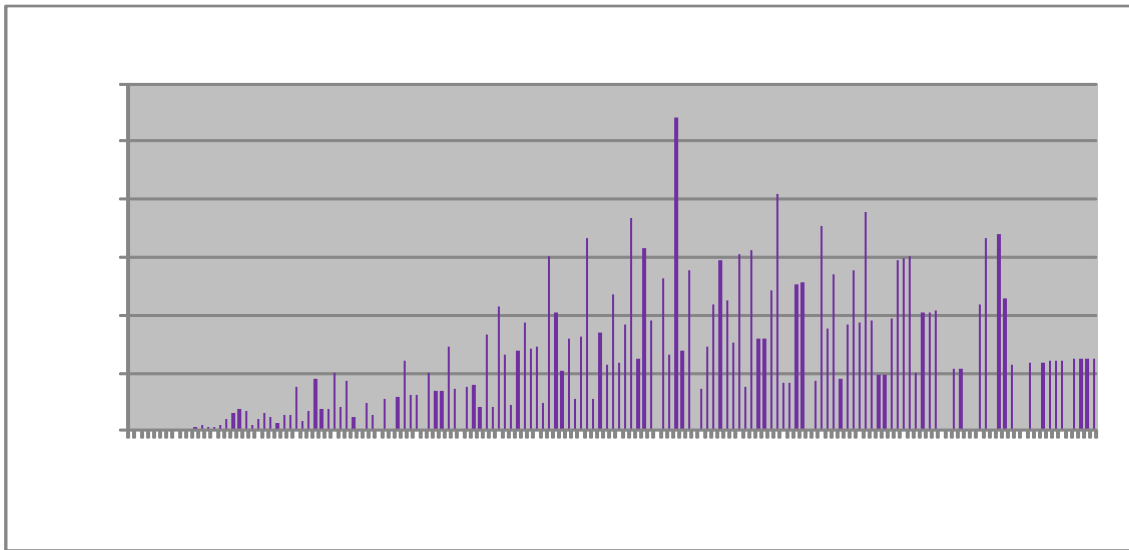
Alla soglia di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, di ozono si evidenzia il RA% dello 0,45% per la mortalità naturale, dello 0,77% e dello 0,45% per la mortalità cardiovascolare e respiratoria.

| | 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 |
| Città Metropolitana, 2018 | >110 | >70 | >10 |
| Mortalità Naturale | | | |
| N decessi (IC 95%) | 10 (5-14) | 50 (24-74) | 179 (87-265) |
| RA% (IC 95%) | 0,09 (0,04-0,13) | 0,45 (0,22-0,67) | 1,6 (0,79-2,4) |
| Mortalità Cardiovascolare | | | |
| N decessi (IC 95%) | 6 (1-101) | 29 (8-51) | 105 (28-181) |
| RA% (IC95%) | 0,16 (0,04-0,25) | 0,77 (0,2-1,33) | 2,73 (0,73-4,71) |
| Mortalità Respiratoria | | | |
| N decessi (IC 95%) | 1 (0-2) | 5 (0-12) | 17 (0-41) |
| RA% (IC95%) | 0,09 (0-0,21) | 0,45 (0-1,1) | 1,6 (0-3,89) |
| Ricoveri per patologie respiratorie | | | |
| N ricoveri (IC 95%) | 16 (3-30) | 84 (13-158) | 299 (48-560) |
| RA% (IC95%) | 0,13 (0,02-0,25) | 0,69 (0,11-1,3) | 2,46 (0,39-4,6) |
| Ricoveri per patologie cardiovascolari | | | |
| N ricoveri (IC 95%) | 30 (17-43) | 157 (88-224) | 553 (313-783) |
| RA% (IC95%) | 0,27 (0,15-0,38) | 1,4 (0,78-1,99) | 4,93 (2,79-6,98) |

La figura

mostra come sono distribuiti i 179 morti in eccesso alla soglia di O₃ maggiore di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A differenza dei decessi attribuibili alle polveri, i decessi in eccesso attribuibili all'ozono sono distribuiti anche a

concentrazioni più alte.



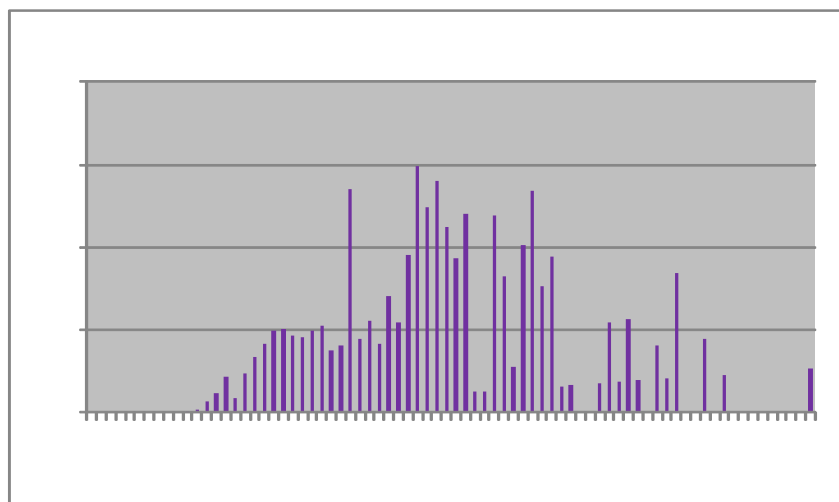
I ricoveri in eccesso da attribuire allozono alla soglia di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sono 84 per le patologie respiratorie e 157 per quelle cardiovascolari, ossia lo 0,69 e l1,4% di tutti i ricoveri per le stesse cause.

4.5 Impatto a breve termine del Biossido dAzoto

I decessi in eccesso alla soglia di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sono 57 mentre i ricoveri per patologie respiratorie 160.

| | | Valore limite di NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | |
|-------------------------------------|----------------|---|-----------------|
| | | >20 | >10 |
| Città | Metropolitana, | | |
| 2018 | | | |
| Mortalità Naturale | | | |
| N decessi (IC 95%) | | 57 (34-81) | 86 (51-121) |
| RA% (IC 95%) | | 0,52 (0,31-0,73) | 0,78 (0,46-1,1) |
| Ricoveri per patologie respiratorie | | | |
| N ricoveri (IC 95%) | | 160 (102-217) | 341 (219-461) |
| RA% (IC 95%) | | 1,32 (0,84-1,79) | 2,8 (1,8--3.79) |

La figura sottostante mostra come sono distribuiti gli 86 morti in eccesso alla soglia di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I decessi in eccesso attribuibili al biossido di azoto sono distribuiti in un range di concentrazioni molto ampio.



4.6 Impatto a lungo termine

Considerando la soglia di “non effetto” di 10 µg/ m³ si ottiene la “speranza di vita”, espressa in anni, per ogni età, e gli “anni di vita persi a seguito dell'esposizione ai livelli raggiunti dalle polveri PM_{2,5} nel 2018. Nella tabella, la colonna % impatto, fornisce il valore di quanto gli anni persi incidano sul totale della speranza di vita, per ogni classe d'età considerata.

| Età | Speranza di vita (anni) | Anni persi (IC 95 %) | % impatto |
|-----|-------------------------|----------------------|-----------|
| 0 | 84,52 | 0,35 (0,23 _ 0,47) | 0,41 |
| 5 | 79,72 | 0,35 (0,23 _ 0,47) | 0,44 |
| 10 | 74,74 | 0,35 (0,23 _ 0,47) | 0,47 |
| 20 | 64,81 | 0,35 (0,23 _ 0,47) | 0,54 |
| 30 | 54,87 | 0,35 (0,23 _ 0,47) | 0,64 |
| 50 | 35,32 | 0,34 (0,22 _ 0,45) | 0,96 |
| 65 | 21,68 | 0,3 (0,2 _ 0,4) | 1,38 |
| 80 | 10,06 | 0,23 (0,15 _ 0,3) | 2,29 |
| 100 | 2,15 | 0,1 (0,06 _ 0,13) | 4,65 |

Un bambino nato nel 2018 nella Città Metropolitana di Bologna, ha una speranza di vita di più di 84 anni, considerando solo la mortalità naturale. Di questi però 0,35 (IC 95% 0,23-0,47) anni (quattro mesi circa) vengono persi con livelli di PM_{2,5} pari a quelli del 2018. Sono soprattutto le fasce di popolazione anziana a pagare il maggior tributo in termini di anni di vita persi. L'inquinamento ha un impatto via via crescente sulla speranza di vita all'aumentare dell'età. Dopo i 50 anni quasi il 1% della speranza di vita viene perduta a causa dell'inquinamento e supera il 2% dopo gli 80 anni.

I decessi attribuibili agli effetti a lungo termine del PM_{2,5} sono:

| Città Metropolitana, 2018 | Mortalità naturale | Mortalità cardiovascolare | Mortalità respiratoria | Mortalità per tumori al polmone |
|---------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Stima N morti (IC 95%) | 426 (280-562) | 233 (121-337) | 64 (0-139) | 30 (14-45) |
| RA% (IC 95%) | 3,88 (2,54-5,10) | 6,07(3,15-8,77) | 6,07 (0-13,28) | 5,50 (2,54-8,25) |

Impatto a lungo termine del biossido di azoto

| Città Metropolitana, 2018 | Mortalità naturale |
|---------------------------|--------------------|
| Stima N morti (IC 95%) | 338 (194-483) |
| RA% (IC 95%) | 3,07 (1,76-4,38) |

VIS per il Comune di Bologna

5.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

I dati di popolazione³⁶, per il calcolo dei tassi grezzi di mortalità e di ospedalizzazione sono:

| Popolazione ¹ | Al 1/01/2017 | Al 1/1/2018 | media nel 2017 |
|--------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Tutte le età | 389,261 | 390,636 | 389,949 |
| Età >30 anni | 291,520 | 291,871 | 291,696 |

Il numero di residenti, morti³⁷ in qualsiasi località, per le cause considerate, ed i tassi grezzi di mortalità per 100.000 residenti sono:

| Cause mortalità | Numero | Tasso mortalità x 100.000 |
|---|--------|------------------------------|
| Mortalità naturale (ICD X > S00) - tutte le età | 4385 | 1124.5 |
| >30 anni | 4372 | 1498.8 |
| Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99) | 1449 | 371.6 |
| Mortalità per malattie apparato respiratorio (ICD X J01-J99) | 431 | 110.5 |
| Mortalità per tumore bronchi/polmone (ICD X C33 e C34) >30 anni | 215 | 55.1 |

Il numero di residenti del Comune di Bologna ricoverati in regime ordinario nel 2018 nel territorio provinciale sono:

| Cause ricoveri | Numero (tutte le età) | Tasso ospedalizzazion e x 100.000 |
|--|--------------------------|---|
| Malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429) | 4732 | 1213.5 |
| (ICD IX 390-459) | 7611 | 1951.8 |
| Malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519) | 4808 | 1233.0 |

5.2 Impatto a breve termine del PM10

A Bologna, si stimano 22 decessi (IC 95% 18-25) attribuibili all'esposizione a breve termine al PM10, corrispondenti allo 0,5% dei decessi per tutte le cause naturali, se consideriamo 20 µg/m³ come soglia di "non effetto".

| | Valore limite di PM10 (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | | |
|-------------------------|--|-----------------|----------------|
| Comune di Bologna, 2018 | >40 | >20 | >10 |
| Mortalità naturale | | | |
| N decessi (IC 95%) | 4 (3-5) | 22 (18-25) | 47 (39-55) |
| RA% (IC95%) | 0,09 (0,08-0,11) | 0,5 (0,42-0,58) | 107 (0,9-1,24) |

5.3 Impatto a breve termine del PM2,5

Per quanto riguarda il PM2,5, il numero di decessi attribuibili considerando la soglia di 10 µg/m³ è di 40. Alla stessa soglia, per quanto riguarda i ricoveri, al PM2,5 sono attribuibili l'1,43% dei ricoveri per cause respiratorie e lo 0,68% di quelli per cause cardiovascolari.

| | Valore limite di PM2,5 (µg/m ³) |
|--|---|
|--|---|

Dato aggiornato al 09/06/2019

| | (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | |
|--|--|------------------|
| Comune di Bologna, | >20 | >10 |
| Mortalità Naturale | | |
| N decessi (IC 95%) | 17 (6-28) | 40 (15-66) |
| RA%(IC 95%) | 0,38 (0,14-0,64) | 0,92 (0,34-1,50) |
| Ricoveri per patologie respiratorie | | |
| N ricoveri (IC 95%) | 29 (0-61) | 68 (0-143) |
| RA%(IC 95%) | 0,60 (0-1,24) | 1,43 (0-2,98) |
| Ricoveri per patologie cardiovascolari | | |
| N ricoveri (IC 95%) | 22 (4-40) | 52 (10-94) |
| RA%(IC 95%) | 0,29 (0,05-0,53) | 0,68 (0,13-1,24) |

5.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 µg/m³, nel Comune di Bologna, sono attribuibili 19 morti in eccesso, ossia lo 0,44% della mortalità. Per quanto riguarda l'impatto sui ricoveri alla soglia di 70 µg/m³, le stime dei RA% raggiungono l'1,36% per le malattie cardiovascolari.

| | Valore limite di ozono (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | | |
|---------------------------------------|--|------------------|------------------|
| Comune di Bologna, | >110 | >70 | >10 |
| Mortalità naturale | | | |
| N decessi (IC 95%) | 4 (2-6) | 19 (9-29) | 68 (33-101) |
| RA% (IC 95%) | 0,08 (0,04-0,13) | 0,44 (0,21-0,66) | 1,55 (0,75-2,3) |
| Mortalità Cardiovascolare | | | |
| N decessi (IC 95%) | 2 (1-4) | 11 (3-19) | 38 (10-65) |
| RA% (IC 95%) | 0,14 (0,04-0,25) | 0,75 (0,2-1,3) | 2,61 (0,7-4,51) |
| Mortalità Respiratoria | | | |
| N decessi (IC 95%) | 0 (0-1) | 2(0-5) | 7 (0-16) |
| RA% (IC 95%) | 0,08(0-0,21) | 0,44 (0-1,07) | 1,55 (0-3,72) |
| Ricoveri per malattie respiratorie | | | |
| N ricoveri (IC 95%) | 6 (1-12) | 32 (5-61) | 113 (18-212) |
| RA% (IC95%) | 0,13 (0,02-0,24) | 0,67 (0,11-1,27) | 2,35 (0,38-4,41) |
| Ricoveri per malattie cardiovascolari | | | |
| N ricoveri (IC 95%) | 12 (7-18) | 64 (36-92) | 223 (126-317) |
| RA% (IC95%) | 0,26 (0,15-0,37) | 1,36 (0,76-1,94) | 4,72 (2,67-6,69) |

5.5 Impatto a breve termine del Biossido d'Azoto

I decessi attribuibili al NO₂ alla soglia di 20 µg/m³ per la mortalità per cause naturali sono 32 mentre i ricoveri per malattie respiratorie sono 100.

| Comune di Bologna, | Valore limite di NO ₂ (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute) | |
|------------------------------------|---|------------------|
| | >20 | >10 |
| Mortalità naturale | | |
| N morti (IC 95%) | 32 (19-45) | 44 (26-62) |
| RA% (IC 95%) | 0,73 (0,441,03) | 1,00 (0,59-1,40) |
| Ricoveri per malattie respiratorie | | |
| N ricoveri (IC 95%) | 100 (64-136) | 178 (114-240) |
| RA% (IC 95%) | 2,12 (1,362,87) | 3,75 (2,42-5,07) |

5.6 Impatto a lungo termine del PM_{2,5}

Di seguito si riporta la speranza di vita (espressa in anni) per ogni età, gli anni di vita persi a seguito dell'esposizione ai livelli raggiunti dal PM_{2,5} nel 2018, considerando la soglia di "non effetto" pari a 10 µg/m³ e la "percentuale (%) d'impatto" sulla speranza di vita degli anni di vita persi a causa dell'esposizione PM_{2,5}.

| Età | Speranza di vita (anni) | Anni persi (IC 95 %) | % impatto |
|-----|-------------------------|----------------------|-----------|
| 0 | 84.98 | 0.35 (0.23 _ 0.47) | 0.41 |
| 5 | 80.11 | 0.35 (0.23 _ 0.47) | 0.44 |
| 10 | 75.14 | 0.35 (0.23 _ 0.47) | 0.47 |
| 20 | 65.18 | 0.35 (0.23 _ 0.47) | 0.54 |
| 30 | 55.28 | 0.35 (0.23 _ 0.47) | 0.63 |
| 50 | 35.78 | 0.34 (0.22 _ 0.45) | 0.95 |
| 65 | 22.19 | 0.3 (0.19 _ 0.4) | 1.35 |
| 80 | 10.39 | 0.23 (0.15 _ 0.3) | 2.21 |
| 100 | 2.2 | 0.1 (0.07 _ 0.14) | 4.55 |

Si desume che un bambino nato nel 2018 nel comune di Bologna ha, in base alla struttura della popolazione e al tasso di mortalità per cause naturali, la speranza di vita di quasi 85 anni. Di questi però 0,35 (IC 95% 0,32-0,66) anni, ossia più di 4 mesi, vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM_{2,5} del 2018.

Di seguito il numero di decessi attribuibili agli effetti a lungo termine del PM_{2,5}

| Comune di Bologna, 2018 | Mortalità naturale | Mortalità cardiovascolare | Mortalità respiratoria | Mortalità per tumore al polmone |
|-------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Stima N morti (IC 95%) | 168 (110-221) | 87 (45-126) | 26 (0-56) | 12 (5-18) |
| RA% (IC 95%) | 3,83 (2,52-5,05) | 6,00 (3,12-8,68) | 6,00 (0-13,05) | 5,44 (2,52-8,16) |

5.6 Impatto a lungo termine del biossido di azoto

Impatto a lungo termine del biossido di azoto

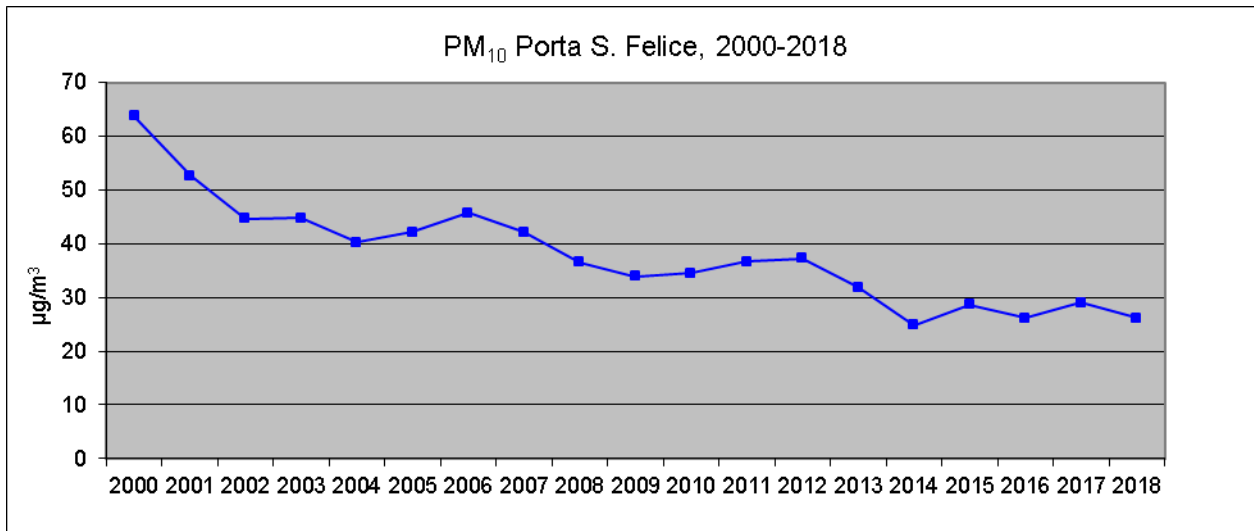
| Comune di Bologna, 2018 | Mortalità naturale |
|-------------------------|--------------------|
| Stima N morti (IC 95%) | 257 (149-365) |
| RA% (IC 95%) | 5,88 (3,4-8,35) |

Confronto temporale

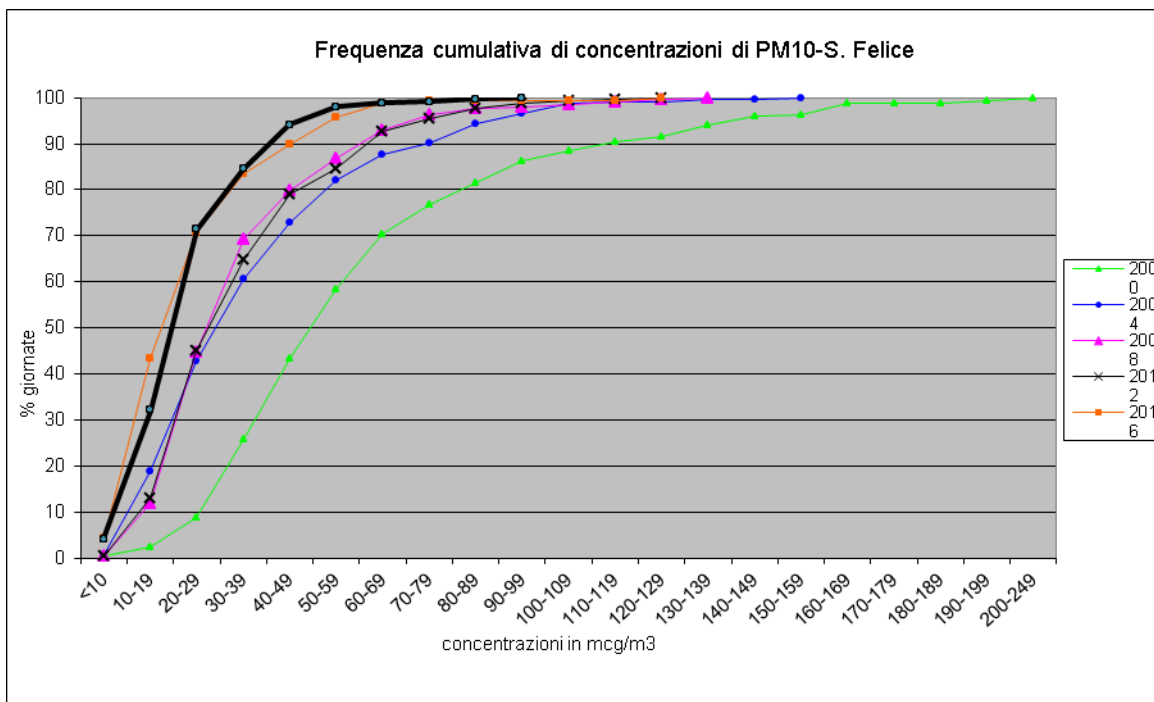
Di seguito riportiamo l'andamento temporale delle concentrazioni dei quattro inquinanti e del loro impatto sulla mortalità. Per quanto riguarda i livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici ed i loro effetti sulla salute, i confronti sono effettuati utilizzando i dati provenienti dalla centralina di S. Felice di Bologna per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2000 per il PM10, dal 2005 per il PM2,5 e dal 2002 per il NO2, mentre per l'O3 sono stati utilizzati i dati della centralina dei Giardini Margherita di Bologna per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2003.

PM10

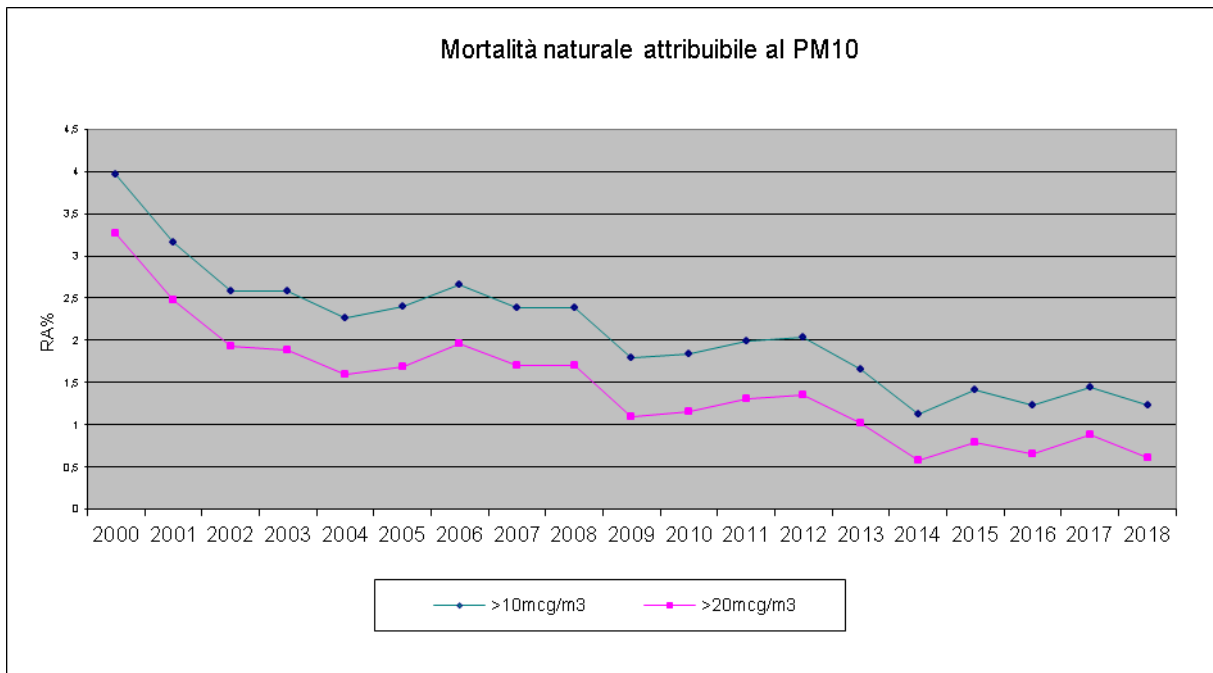
Nel periodo 2000-2018, come si vede nel grafico, le concentrazioni di PM10 evidenziano un trend in diminuzione (-1,60 µg/m³ all'anno, p<0.0001) con la concentrazione più bassa raggiunta nel 2014.



Dal 2014 le concentrazioni sono più stabili. In parallelo, come si vede dal grafico, è aumentata la percentuale di giornate con valori di concentrazione più bassi rispetto ai primi anni duemila. Complessivamente nel 2018 il numero di giornate con valori inferiori a 50 µg/m³ raggiunge l'94%, nel 2000 queste costituivano il 50%.

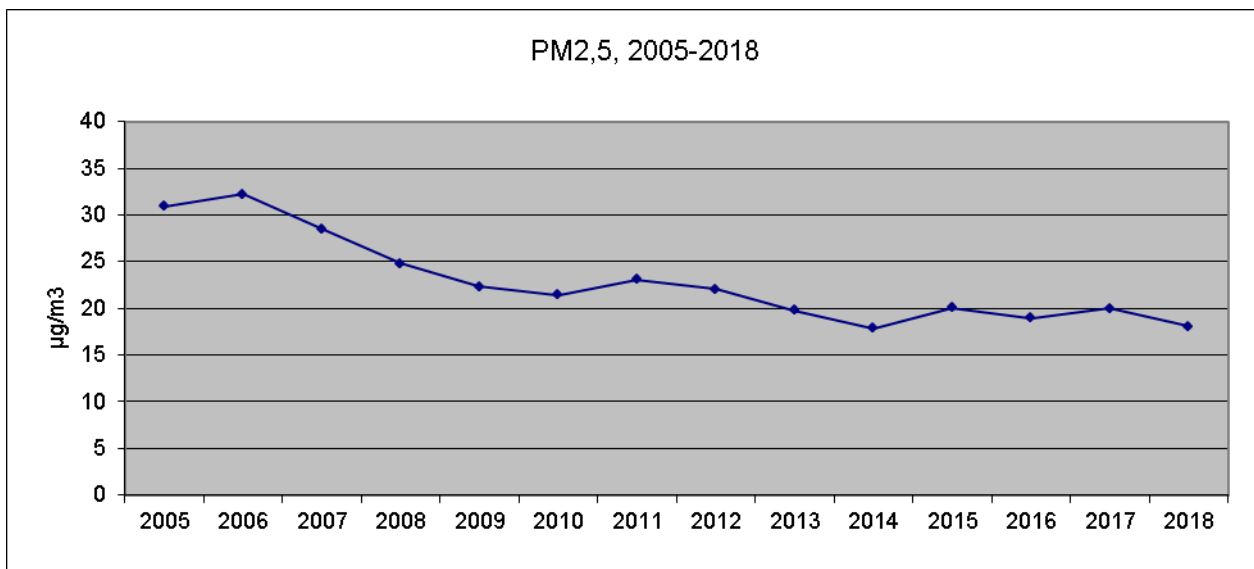


Per quanto riguarda la mortalità attribuibile all'esposizione a breve termine del PM10, complessivamente dal 2000 si è osservato un decremento del RA% (p<0.001); il decremento riguarda soprattutto il primo periodo, negli ultimi anni infatti i valori hanno solo delle lievi oscillazioni interannuali.

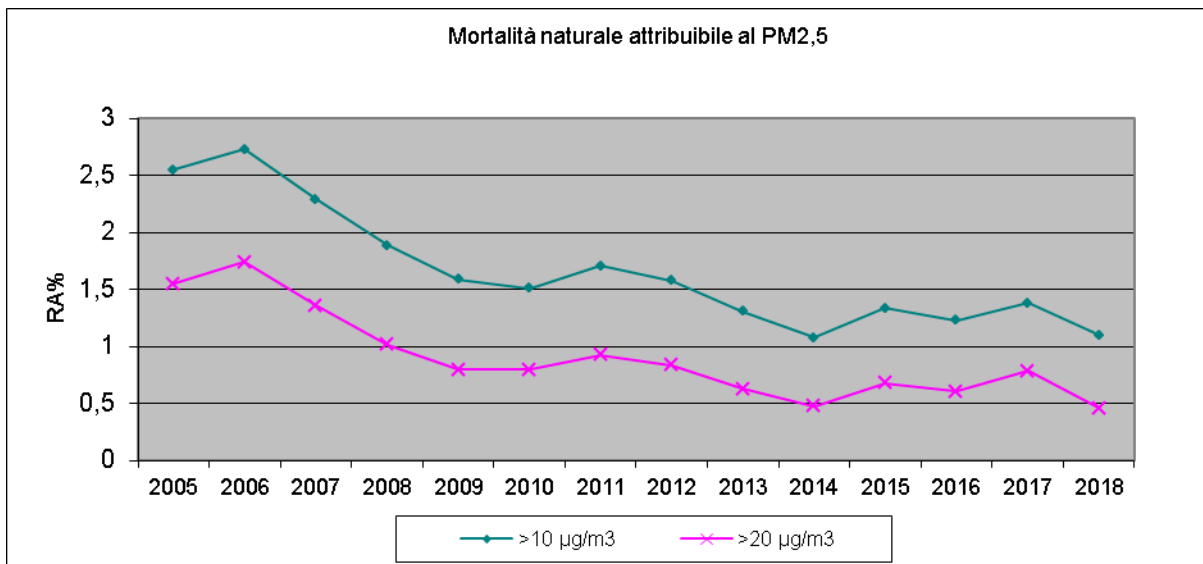


PM2,5

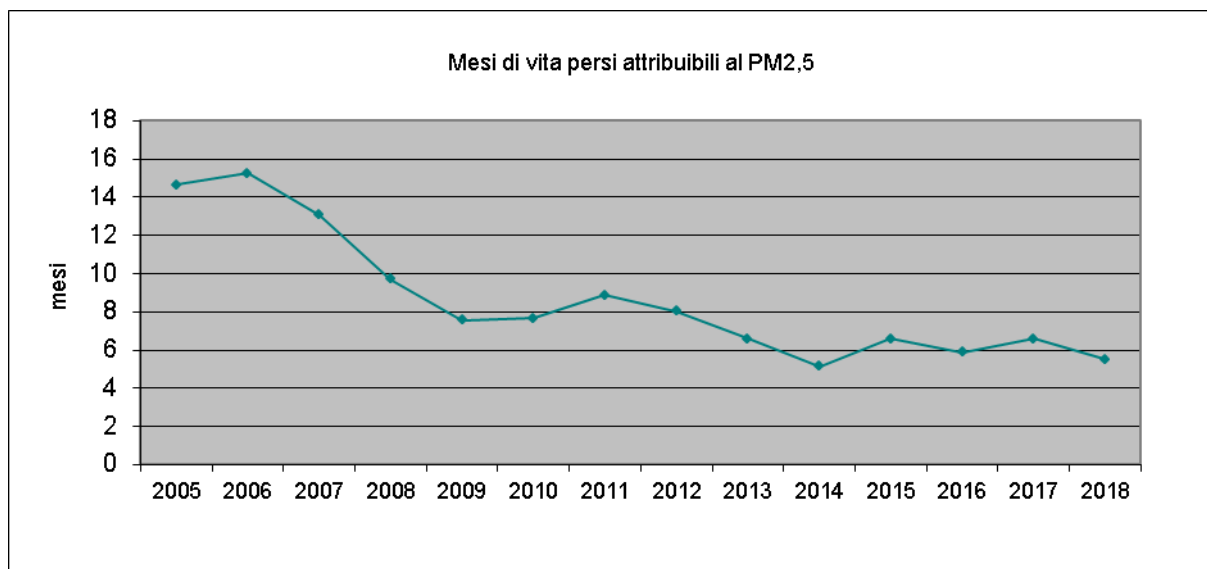
Nel periodo 2005-2018 le concentrazioni del PM2,5 mostrano complessivamente un trend (-0,99, p<0.001) in riduzione con il valore più basso nel 2014.



La mortalità attribuibile segue conseguentemente un andamento simile.

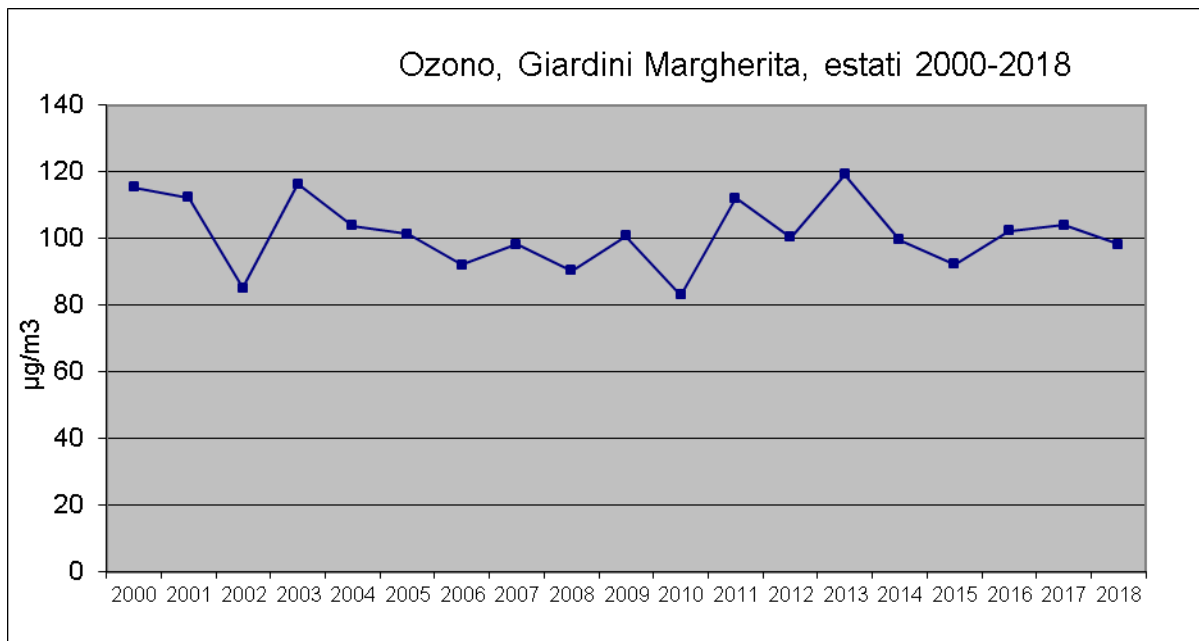


Per quanto riguarda l'impatto a lungo termine, il numero di mesi di vita persi attribuibili all'esposizione al PM2,5 (concentrazioni di Porta San Felice), si è ridotto in modo significativo passando da valori anche superiori ad un anno (14-15 mesi) nel 2005-2006 a valori intorno ai 6 mesi degli ultimi anni.

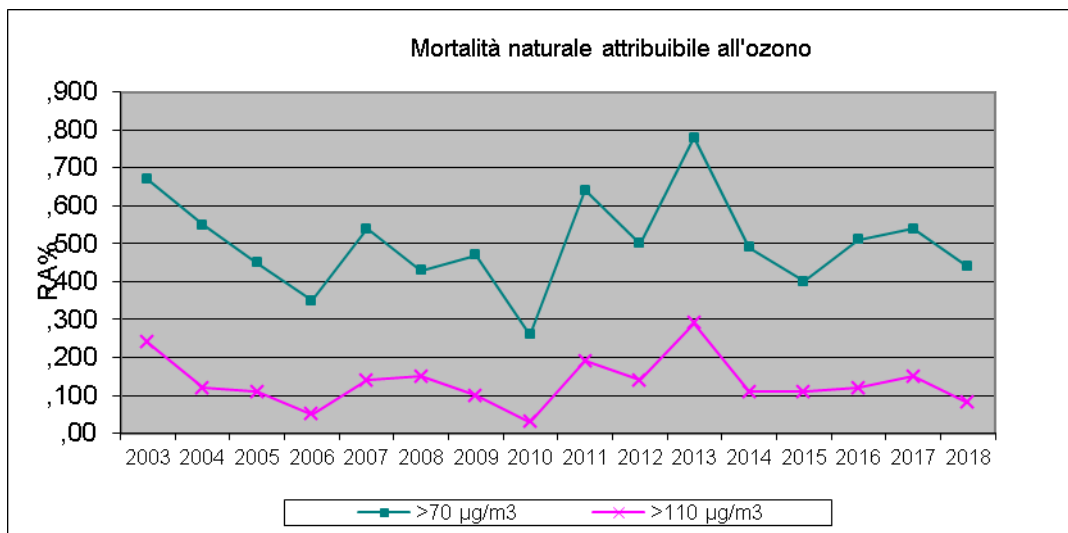


O3

Dal confronto delle concentrazioni del periodo 2000-2018 rilevate presso la centralina dei Giardini Margherita non emerge alcun trend di diminuzione o aumento, né esaminando i dati annuali delle massime delle medie delle 8h, né limitando l'analisi ai soli dati estivi.

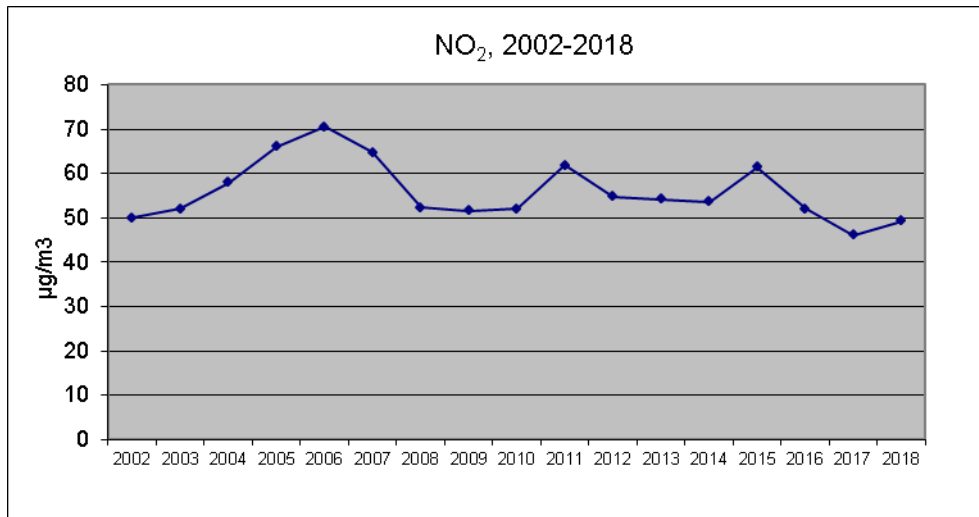


Anche la mortalità generale attribuibile all'ozono varia di anno in anno senza che vi sia un chiaro trend in una direzione specifica. I valori più alti sono stati raggiunti nel 2003 e nel 2013.

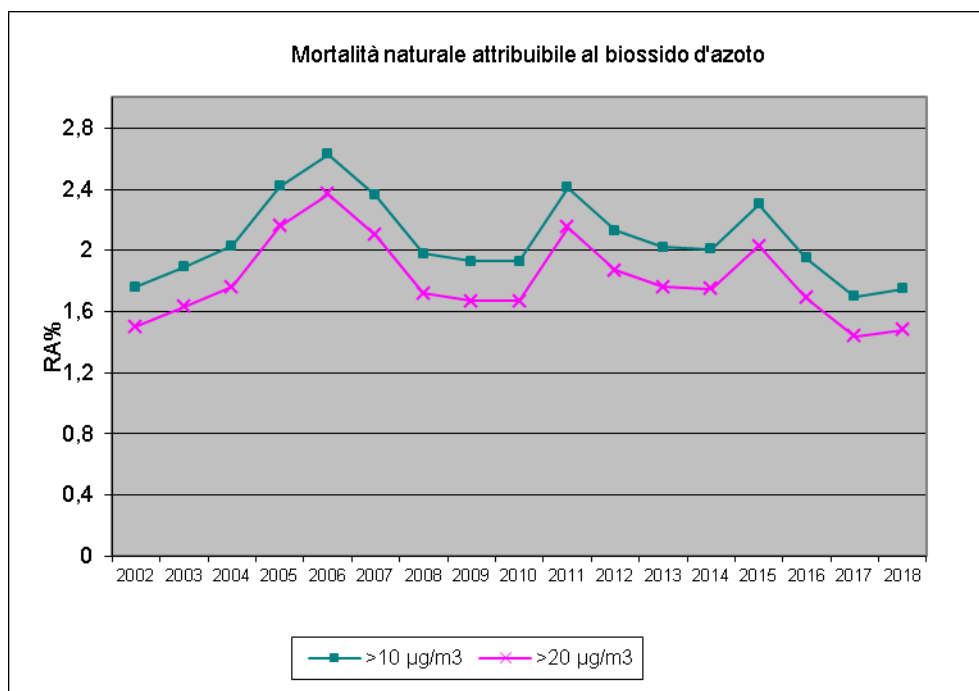


NO2

Per quanto riguarda le concentrazioni medie annue del NO2, la serie storica del periodo 2002-2018 non evidenzia alcun trend in aumento o in diminuzione delle concentrazioni con variazione inter annuali ed il valore più basso della serie storica si raggiunge nel 2017.

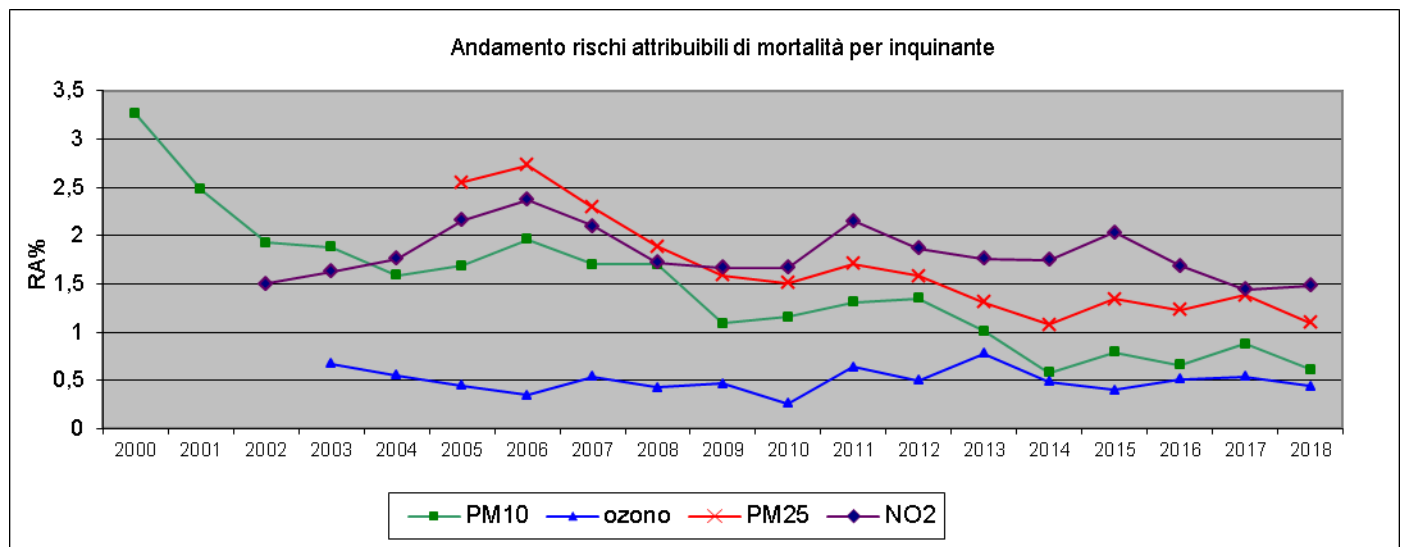
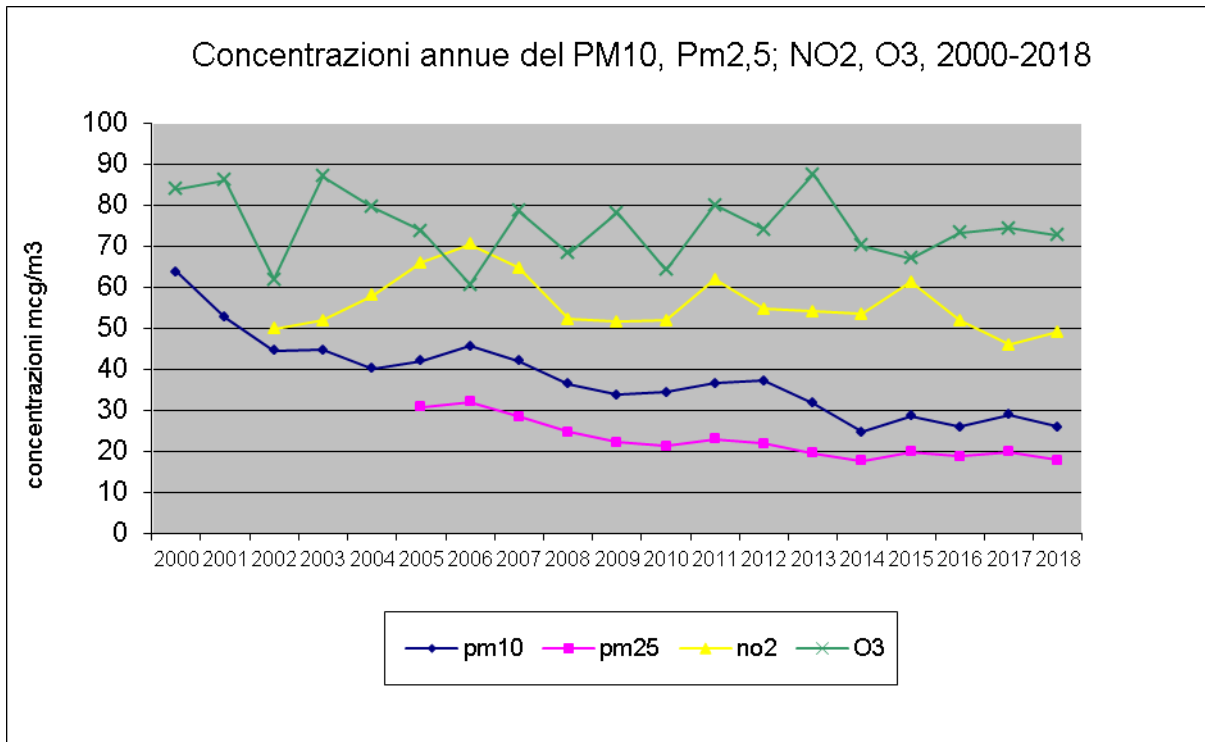


Analogo andamento ha anche l'impatto sanitario del biossido di azoto sulla mortalità naturale, con valori diminuiti negli ultimi anni rispetto al 2015.



PM10, PM2,5, O3, NO2

In conclusione, l'andamento temporale delle concentrazioni medie annuali e dell'impatto sanitario varia a seconda dell'inquinante. Si registra, tuttavia, per tutti gli inquinanti un trend in riduzione o sostanzialmente stabile con variazioni cicliche negli anni. Questo andamento si riflette, sull'andamento dell'impatto sanitario, come evidenziato dal grafico seguente.



Considerazioni

Nel 2018 si osserva che per quanto riguarda il PM10 i valori sono stati rispettati in tutte le stazioni della Città Metropolitana con il più basso numero di superamenti del valore limite giornaliero degli ultimi 10 anni. Anche i valori relativi agli altri inquinanti (PM2.5, monossido di carbonio, benzene, benzo(a)pirene, arsenico, cadmio, nichel e piombo) sono rimasti entro i limiti di legge in tutte le stazioni di rilevamento¹⁰.

Le concentrazioni medie annuali di biossido di azoto risultano essere entro i limiti del valore annuale in tutte le centraline ad eccezione di quella di Porta San Felice. Sono invece rispettati gli altri valori (media oraria di 200 µg/m³ e soglia di allarme di 400 µg/m³). Per l'ozono nel 2018 non sono mai stati registrati superamenti della soglia di informazione e della soglia di allarme. Ci sono stati invece ancora dei superamenti del valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute, fissato per la concentrazione media su 8 ore, in tutte le stazioni ad eccezione di quella di Castelluccio¹⁰.

A livello meteorologico nel 2018 ci sono stati meno giorni, rispetto al 2017 favorevoli all'accumulo di PM10 e alla formazione di ozono¹⁰.

Complessivamente i dati sulla qualità dell'aria indicano un complessivo miglioramento della qualità dell'aria rispetto ai primi anni 2000 per il monossido di carbonio, il biossido di zolfo, il benzene e le polveri sia a livello della Regione Emilia Romagna che del territorio della Città Metropolitana di Bologna. Non si evincono invece trend univoci per l'ozono ed il biossido di azoto. Di riflesso, anche l'impatto sanitario presentato in questo rapporto segue un simile andamento: un trend in diminuzione dell'impatto sanitario delle polveri e la sostanziale stabilità dell'andamento dell'impatto sanitario esercitato dal biossido di azoto (NO₂) e dall'ozono (O₃), pur con oscillazioni interannuali.

Tuttavia, nonostante i miglioramenti nel tempo, l'inquinamento atmosferico rappresenta ancora un pericolo per la salute e la sua riduzione deve rimanere un obiettivo su più livelli. Questo rapporto evidenzia infatti che nel Comune e nella Città Metropolitana di Bologna nel 2018 la frazione di mortalità naturale attribuibile all'esposizione a breve termine ai vari inquinanti va dallo 0,5% per l'ozono all'1,3% del PM_{2,5} mentre all'esposizione a lungo termine è attribuibile quasi il 4% di mortalità naturale con una riduzione della speranza di vita alla nascita di più di 4 mesi.

L'inquinamento atmosferico è solo uno dei problemi ambientali attuali e la sua soluzione deve inevitabilmente tenere in considerazione la questione dei cambiamenti climatici. Il consenso del mondo scientifico sul fatto che i cambiamenti climatici abbiano effetti negativi sulla salute è ormai generale. L'OMS stima che per i prossimi anni i cambiamenti climatici colpiranno la salute di milioni di persone per effetti sia diretti che indiretti interessando in modo particolare le popolazioni che vivono nelle grandi città, più esposte all'inquinamento, e quelle che vivono nelle aree montuose o costiere, ad alto rischio idro-geologico. Soggetti di basso livello economico, bambini, anziani e malati rimangono categorie più a rischio rispetto al resto della popolazione (ISS). Tale emergenza non coinvolge solo l'uomo ma anche la fauna, la flora e la terra tutta, e richiede quindi un impegno globale per contrastare quanto sta avvenendo.

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: $(\text{rischio nella popolazione} - \text{rischio nei non esposti}) / \text{rischio nella popolazione}$.

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: $(\text{rischio negli esposti}) / (\text{rischio nei non esposti})$

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 $RR > 1$ significa che il rischio di evento nel gruppo degli esposti è superiore rispetto al gruppo di controllo. Se $RR < 1$ 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. 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;383(9919):785-95.
3. Moelter A, Simpson A, Berdel D et al. A multi center study of air pollution exposure and childhood asthma prevalence: the ESCAPE project. *Eur Resp J* 2015; 45:610-624.
4. Jacquemin B, Siroux V, Sanchez M, et al. Ambient air pollution and adult asthma incidence in six European cohorts (ESCAPE). *Environ Health Perspect* 2015; 123(6):613-21.
5. Perez L, Wolf K, Hennig F et al. Air pollution and atherosclerosis: a cross-sectional analysis of four European cohort studies in the ESCAPE study. *Environ Health Perspect* 2015; 123:597-605.
6. Beelen R, Hoek G, Raaschou-Nielsen O et al. Natural-cause mortality and long-term exposure to particle components: an analysis of 19 European cohorts within the multi-center ESCAPE project. *Environ Health Perspect* 2015;123:525-33.
7. 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.
8. EpiAir. Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione (EpiAir) <http://www.EpiAir.it/>
9. IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. Press release 221, 2013, Lyon France.
10. Arpa Sezione di Bologna. Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Provincia di Bologna. Report dei dati 2018-2019.
11. AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution prodotto e distribuito dal WHO European Centre for Environment and Health. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/news/news/2017/05/new-tool-airq-quantifies-health-impacts-of-air-pollution>
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. RespiraMi. Air pollution and our health. Conferenza, Milano 27-28 gennaio 2017
16. Cai Y, Zhang B, Ke W et al. Associations of Short-Term and Long-Term Exposure to Ambient Air Pollutants With Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Hypertension* 2017;68(1):62-70.
17. Sun X, Luo X, Zhao C et al. The association between fine particulate matter exposure during pregnancy and preterm birth: a meta-analysis. *BMC Pregnancy Childbirth* 2015;15:300.
18. 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
19. 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.
20. Cesaroni G, Bargagli AM, Renzi M et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of multiple sclerosis International Society for Environmental Epidemiology. ISEE 2017 Conference Old and new

- risks: challenges for environmental epidemiology. Rome 2017.
21. Suades-González E, Gascon M, Guxens M et al. Air Pollution and Neuropsychological Development: A Review of the Latest Evidence. *Endocrinology* 2015;156(10):3473-82.
 22. International Society for Environmental Epidemiology. ISEE 2017 Conference Old and new risks: challenges for environmental epidemiology. Rome 2017
 23. Filippini T, Heck JE, Malagoli C et al. A review and meta-analysis of outdoor air pollution and risk of childhood leukemia. *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev* 2015; 33:36-66.
 24. 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.
 25. Wang L, Zhong B, Vardoulakis S et al. Air Quality Strategies on Public Health and Health Equity in Europe A Systematic Review *Int J Environ Res Public Health* 2017;13(12):1196.
 26. 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.
 27. Dominici F, Wang Y, Correia AW et al. Chemical composition of fine particulate matter and life expectancy. *Epidemiology* 2015; 26:556-564
 28. Chung Y, Dominici F, Wang Y et al. Associations between Long-Term Exposure to Chemical Constituents of Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) and Mortality in Medicare Enrollees in the Eastern United States. *Environ Health Perspect* 2015; 123:467-474.
 29. 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.
 30. 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.
 31. 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.
 32. 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.
 33. Cadum E, Forastiere F. [EpiAir Project: introduction and reading guide to the articles]. *Epidemiol Prev* 2013;37(4-5):206-8.
 34. 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.
 35. Atkinson RW, Mills IC, Walton HA et al. Fine particle components and health--a systematic review and meta-analysis of epidemiological time series studies of daily mortality and hospital admissions. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2015;25(2):208-14.
 36. Sito internet della Regione Emilia Romagna (<http://www.regione.emilia-romagna.it/statistica/>).
 37. Registri di mortalità delle Aziende Usl di Bologna e Imola.
 38. WHO COP 24 Special Report: Health & Climate, 2018.