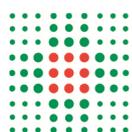


# VALUTAZIONE SANITARIA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A BOLOGNA 2021



**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, 2021**

A cura di:

**Federica Bergamini<sup>1</sup>, Elisa Stivanello<sup>2</sup>, Vincenza Perlangeli<sup>2</sup>, Roberta Santini<sup>1</sup>, Paolo Pandolfi<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Programma Ambiente e Salute - Dipartimento di Sanità Pubblica, Azienda USL di Bologna

<sup>2</sup>UOC Epidemiologia, Promozione della Salute e Comunicazione del Rischio – Dipartimento di Sanità Pubblica, Azienda USL di Bologna

<sup>3</sup>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 ai colleghi di Arpae e del Dipartimento di Sanità Pubblica dell'Azienda USL di Imola

Per informazioni:

[elisa.stivanello@ausl.bologna.it](mailto:elisa.stivanello@ausl.bologna.it); [paolo.pandolfi@ausl.bologna.it](mailto:paolo.pandolfi@ausl.bologna.it)

settembre 2022

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.....	6
Metodi .....	8
VIS per la Città Metropolitana di Bologna.....	10
VIS per il Comune di Bologna .....	17
Confronto temporale.....	21
Considerazioni .....	28
Breve glossario .....	30
Bibliografia .....	31

## Premessa

E' ormai accertato che l'ambiente è uno dei determinanti fondamentali dello stato di salute; il riscaldamento globale, gli eventi climatici estremi, le ondate di calore e l'inquinamento atmosferico sono riconosciuti fattori di rischio per la salute. Numerosi studi, anche recenti, hanno confermato gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla mortalità, sulla morbilità e sul ricorso ai servizi sanitari per diverse cause; le persone anziane, i bambini e le persone con condizioni di salute preesistenti sono più sensibili agli impatti sulla salute dell'inquinamento atmosferico.<sup>1-7</sup>

La maggior parte degli europei vive in aree, soprattutto città, dove l'inquinamento atmosferico può raggiungere livelli elevati. Sia l'esposizione a breve che a lungo termine all'inquinamento atmosferico può portare ad un'ampia gamma di malattie, tra cui ictus, broncopneumopatia cronica ostruttiva, tumori polmonari, asma aggravato, infezioni delle basse vie respiratorie, diabete di tipo 2, obesità, infiammazione sistemica, morbo di Alzheimer e demenza<sup>8</sup>.

Nel 2013, l'inquinamento atmosferico esterno e il PM sono stati classificati come cancerogeni dall'Agenzia internazionale dell'OMS per la ricerca sul cancro (IARC)<sup>9</sup>.

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

L'impatto è stimato in termini di mortalità, ricoveri ospedalieri e anni di vita persi della popolazione residente nel 2021 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.

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 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>). Come in tutte le valutazioni di impatto (VIS), si sottolinea che le stime poggiano su varie assunzioni e per questo è necessario considerarle come indicatori dell'ordine di grandezza del fenomeno più che come valori esatti.

L'Organizzazione Mondiale per la Sanità ha pubblicato a fine 2021 un aggiornamento delle Linee Guida globali sulla qualità dell'aria (AQG 2021)<sup>10</sup>. Dalla pubblicazione dell'edizione precedente, numerosi sono gli studi che documentano l'influenza negativa dell'inquinamento atmosferico sulla salute anche a bassi livelli di inquinamento<sup>11-15</sup>. Ciò ha portato ad un aggiornamento dei valori AQG inferiori a quelli raccomandati 15 anni fa. In particolare, la media annuale del particolato fine (PM<sub>2,5</sub>) passa da 10 a 5 µg/m<sup>3</sup>, quella del particolato inalabile (PM<sub>10</sub>) da 20 a 15 µg/m<sup>3</sup>, mentre per il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) scende drasticamente da 40 a 10 µg/m<sup>3</sup>. In questa relazione abbiamo quindi valutato l'impatto considerando anche questi livelli evidenziando come il raggiungimento dei nuovi valori di riferimento possa portare ad un beneficio sulla salute pubblica in termini di morti e ricoveri evitati.

Alcuni inquinanti atmosferici, in particolare il black carbon (un componente del PM) e l'ozono troposferico, sono inquinanti ambientali collegati oltre che agli effetti sulla salute anche al riscaldamento a breve termine del pianeta, la loro riduzione infatti ha co-benefici non solo per la salute ma anche per il clima. Quasi tutti gli sforzi per migliorare la qualità dell'aria sono necessari per la mitigazione dei cambiamenti climatici e gli sforzi per la mitigazione dei cambiamenti climatici possono, a loro volta, migliorare la qualità dell'aria<sup>16-18</sup>.

Questo rapporto rappresenta quindi uno strumento per campagne di comunicazione del rischio dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana ed uno strumento di supporto nelle decisioni per la tutela della salute.

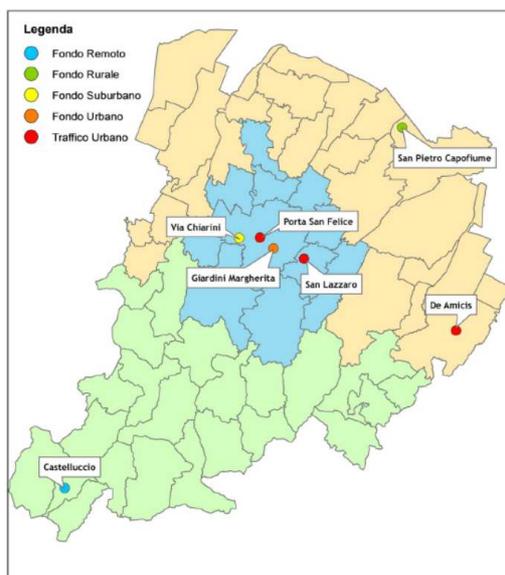
## Indicatori dell'inquinamento atmosferico

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 Arpae di monitoraggio della qualità dell'aria del territorio della Città Metropolitana di Bologna. Nel 2021 erano operative le seguenti centraline<sup>19</sup>:

Rete centraline Arpae, Città Metropolitana, 2021		Inquinanti			
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
Bologna	Giardini Margherita	•	•*	•	•*
	Porta San Felice	•	•*		•*
	Via Chiarini	•		•	•*
San Lazzaro – Poggi		•			•*
Molinella – San Pietro Capofiume		•	•*	•	•*
Imola – De Amicis		•			•*
Alto Reno Terme – Castelluccio		•	•	•	•

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

In figura si evidenzia la loro localizzazione



Fonte Arpae<sup>19</sup>

Ai fini di questa valutazione, la centralina di Alto Reno 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 quale 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 rapporto annuale sulla qualità dell'aria di Arpae<sup>19</sup>.

**Valori medi delle centraline in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2021**

		<b>Città Metropolitana di Bologna</b>	<b>Comune di Bologna</b>
<b>PM<sub>10</sub></b>	N. dati validi	365	365
	Media annua	23,51	23,28
	Massima annua	100,50	101,33
	Giorni >50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23	21
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	N. dati validi	365	365
	Media annua	15,25	15,02
	Massima annua	75,33	84,50
<b>Ozono</b>	N. dati validi	365	365
	Media annua	47,42	45,85
	Max media 8 h	159,79	155,56
	Giorni con media max 8h >120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	42	38
<b>NO<sub>2</sub></b>	N. giorni validi	365	365
	Media annua	23,30	26,11
	Massima oraria	66,67	75,33

## Metodi

L'impatto sulla salute è stato valutato in termini di:

- 1) numero di decessi o ricoveri che si sarebbero potuti evitare o ritardare 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;
- 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 2021 utilizzando la soglia di non effetto di 10 µg/m<sup>3</sup>.

Le stime del numero dei decessi o ricoveri ed il RA% sono state calcolate sia per il breve che per il lungo termine, gli anni di vita persi solo per il lungo termine. Per il calcolo degli indicatori d'impatto è stato utilizzato il software AirQ+ versione 2.1 prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health"<sup>20</sup>.

Si sottolinea che a causa di correlazioni tra i vari inquinanti, non è corretto sommare tra loro i singoli impatti, in quanto ciò porterebbe ad una complessiva sovrastima. Questo discorso vale ancora di più se si tiene conto che il PM<sub>2,5</sub> è parte del PM<sub>10</sub>. Lo stesso dicasi per l'impatto nel breve termine che a sua volta è compreso nell'impatto a lungo termine.

### 3.1 Esiti e rischi relativi

L'impatto è stato calcolato per la mortalità naturale (escludendo le cause traumatiche), per la mortalità respiratoria, cardiovascolare e per tumore del polmone. Infine, l'impatto sui ricoveri è stato calcolato per le diagnosi di patologie cardiovascolari e respiratorie. I codici delle patologie sono stati definiti in base al sistema di classificazione internazionale delle malattie: ICD-10 per i decessi dal 2009 e ICD-9 CM per i ricoveri.

Per il calcolo dell'impatto sono state applicate le stime di rischi relativi (RR) raccomandati dall'OMS all'interno del Progetto HRAPIE (Health Risk for air pollution in Europe) e dal rapporto dell'Expert Meeting<sup>21-22</sup> o indicati in AirQ (versione 2.2.3 o + 2.1).

RR utilizzati per la valutazione di impatto a breve termine:

Inquinante	Unità di misura (µg/m <sup>3</sup> )	Esito/Impatto	Codici ICD-9 CM ICD-10	Fonte	RR (IC95%) per 10 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	media giornaliera	Mortalità naturale	A00-R99, Uxx	AirQ	1,0074 (1,0062-1,0086)
		Mortalità naturale	A00-R99, Uxx	HRAPIE	1,0123 (1,0045-1,0201)
PM <sub>2,5</sub>	media giornaliera	Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE	1,0190 (0,9982-1,0402)
		Ricoveri cause cardiovascolari	390-459	HRAPIE	1,0091 (1,0017-1,0166)
		Mortalità naturale	A00-R99, Uxx	HRAPIE	1,0029 (1,0014-1,0043)
O <sub>3</sub>	media giornaliera max su 8 h	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 <sub>2</sub>	media max giornaliera	Mortalità naturale	A00-R99, Uxx	HRAPIE	1,0027 (1,0016-1,0038)
	media annuale	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 (µg/m <sup>3</sup> )	Esito/Impatto	Codici ICD-10	Fonte	RR (IC95%) per 10 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2,5</sub>	media annuale	Mortalità naturale (popolazione >30 anni)	A00-R99, Uxx	HRAPIE	1,062 (1,040-1,083)
		Mortalità cause cardiovascolari (popolazione >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 <sub>2</sub>	media annuale	Mortalità naturale (popolazione >30 anni)	A00-R99, Uxx	Airq	1,041 (1,019-1,64)

### 3.2 Soglie

Per il calcolo delle stime di impatto, sono state considerate come soglie “di non effetto” i valori riportati in tabella.

Oltre ai valori considerati nelle relazioni precedenti per un più facile confronto temporale, vengono esaminati anche i limiti proposti dalle linee guida dell'OMS del 2005 e del 2021.

Rispetto all'ultimo aggiornamento del 2005, le nuove linee guida dell'OMS apportano queste principali modifiche:

- PM<sub>10</sub>: il valore annuale passa da 20 a 15 µg/m<sup>3</sup>,
- PM<sub>2,5</sub>: il valore annuale passa da 10 a 5 µg/m<sup>3</sup>,
- Biossido di azoto: il valore annuale passa da 40 a 10 µg/m<sup>3</sup>

Inquinante	Concentrazioni in µg/m <sup>3</sup> considerate come soglie di “non effetto”
PM <sub>10</sub>	10, 15, 20
PM <sub>2,5</sub>	5, 10, 20
Ozono	70, 100, 110
NO <sub>2</sub>	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 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 Porta S. Felice di Bologna per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2000 per il PM<sub>10</sub>, dal 2005 per il PM<sub>2,5</sub> e dal 2002 per l'NO<sub>2</sub>, mentre per l'O<sub>3</sub> sono stati

utilizzati i dati della centralina dei Giardini Margherita di Bologna per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2003.

L'andamento temporale dell'impatto è stato studiato utilizzando un modello di regressione lineare.

### 3.4 Limiti della valutazione

Questa valutazione si limita a offrire un quadro solo parziale degli effetti sanitari dell'inquinamento in quanto 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. diabete<sup>23-25</sup>, ipertensione<sup>26</sup>, nascite pretermine e il basso peso alla nascita<sup>27-29</sup>, modifiche alla densità ossea<sup>30</sup>, disturbi neurologici compresa la demenza<sup>31-41</sup> ed il Parkinson, disturbi neuropsichiatrici come l'autismo<sup>42-43</sup> e altri tumori<sup>44-45</sup>, le cui associazioni con l'inquinamento atmosferico sono emerse in studi recenti<sup>1-2</sup>.

In questa relazione inoltre non vengono considerati gli effetti sulle categorie più vulnerabili<sup>47</sup> e sui soggetti di basso livello socioeconomico<sup>48</sup> e 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>6</sup>.

Le stime di impatto sono state calcolate utilizzando i RR pubblicati nella letteratura internazionale che non necessariamente sono quelle del territorio bolognese del 2021 i cui dati di mortalità risentono anche della mortalità SARS-CoV2 correlata. Le stime potrebbero anche 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 casa<sup>48-56</sup>. Tuttavia, in valutazioni precedenti erano state fatte delle analisi utilizzando RR stimati in studi locali e non erano emerse differenze sostanziali negli impatti calcolati. Studi recenti propongono RR più aggiornati<sup>11-15</sup>, in questa valutazione si è però fatto riferimento a quelli raccomandati dall'OMS all'interno del Progetto HRAPIE (Health Risk for air pollution in Europe) e dal rapporto dell'Expert Meeting<sup>22-23</sup> o indicati in AirQ (versione 2.2.3 o + 2.1) nell'attesa che ne vengano consigliati di più aggiornati in seguito alla pubblicazione di nuove linee guida.

La presente valutazione stima l'impatto per ogni singolo inquinante atmosferico e non considera gli effetti combinati delle esposizioni a più inquinanti in quanto mancano modelli volti a quantificare gli effetti delle esposizioni multiple sulla salute umana come riconosciuto anche dall'OMS. Le linee guida forniscono raccomandazioni per ogni inquinante preso singolarmente come elemento necessario per minimizzare il rischio dell'esposizione sulla salute.

## VIS per la Città Metropolitana di Bologna

### 4.1 Popolazione, mortalità e ricoveri ospedalieri

Per calcolare le stime d'impatto è necessario avere a disposizione i dati sulla popolazione media residente nel 2021 ed i tassi grezzi degli effetti da misurare.

Nel 2021 i residenti nella Città Metropolitana di Bologna sono:

Popolazione <sup>57</sup> (aggiornato 14/06/2021)	1/1/2021	1/1/2022	media nel 2021
Tutte le età	1.018.542	1.019.730	1.019.136
Età >30 anni	751.294	752.303	751.799

Nel 2021 i residenti deceduti<sup>58</sup> 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 di mortalità (ICD-10)	Età	Numero	Tasso grezzo mortalità x 100.000
Mortalità naturale (A00-R99, Uxx)	tutte le età	12.246	1201,1
	>30 anni	12.204	1623,3
Mortalità per malattie cardiovascolari (I00-I99)	tutte le età	3.664	359,5
	>30 anni	3.660	486,8
Mortalità per malattie apparato respiratorio (J01-J99)	tutte le età	928	91,1
Mortalità per tumore trachea, bronchi e polmone (C33 e C34)	tutte le età	544	53,4

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 di ricovero	(ICD-9 CM)	Numero (tutte le età)	Tasso grezzo ospedalizzazione x 100.000
Malattie cardiovascolari	(390-429)	9.616	943,5
	(390-459)	15.115	1.483,1
Malattie dell'apparato respiratorio	(460-519)	15.462	1.517,2

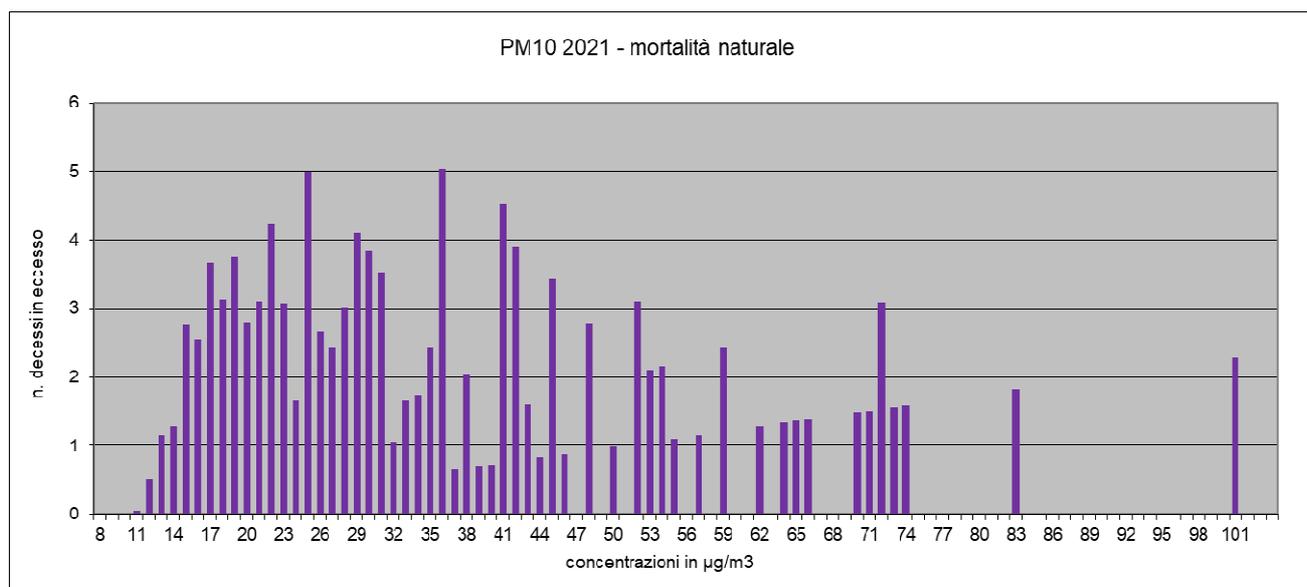
## 4.2 Impatto a breve termine del **PM<sub>10</sub>**

Nel 2021 nella Città Metropolitana di Bologna, alla soglia di 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , il numero dei morti per cause naturali attribuibili al **PM<sub>10</sub>** è pari a 60 (IC95% 50-70), corrispondente ad un RA% dello 0,49%.

Se fosse rispettato il limite di 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  proposto dalle nuove guide dell'OMS si potrebbero evitare 86 decessi all'anno attribuibili al **PM<sub>10</sub>**.

Città Metropolitana, 2021	Valore limite di <b>PM<sub>10</sub></b> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>20	>15 limite OMS2021	>10
<b>Mortalità Naturale</b>			
N. decessi (IC 95%)	60 (50-70)	86 (72-100)	124 (104-144)
RA% (IC95%)	0,49 (0,41-0,57)	0,71(0,59-0,82)	1,01 (0,85-1,18)

La figura sottostante mostra come sono distribuiti i 124 morti in eccesso calcolati alla soglia di 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; il 50% dei decessi avviene a valori inferiori a 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



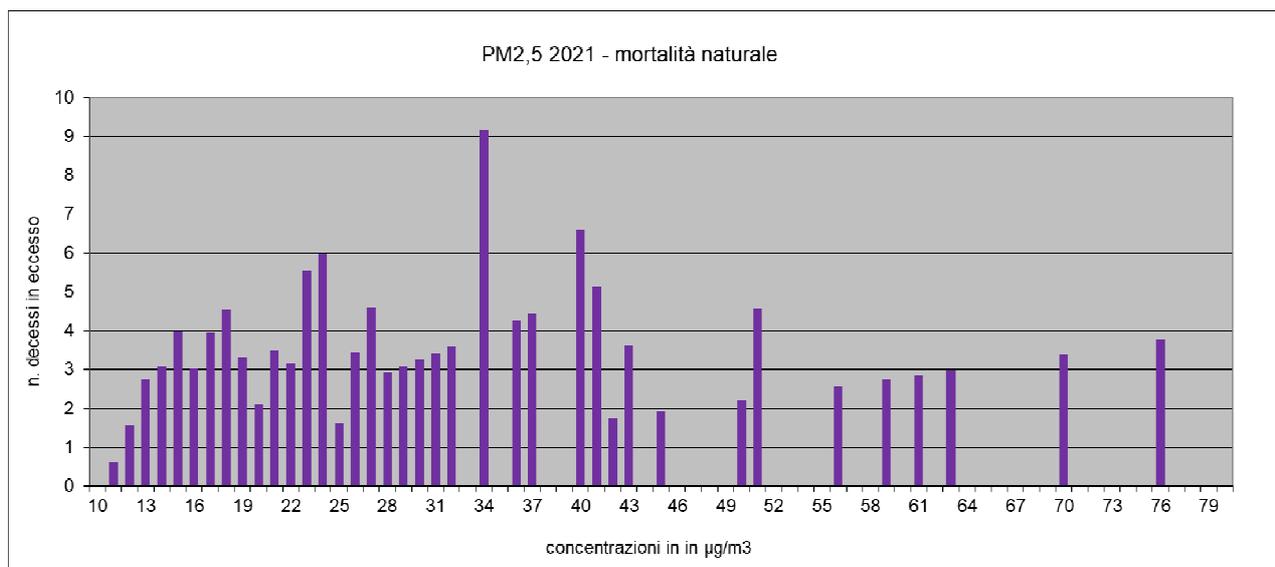
## 4.3 Impatto a breve termine del **PM<sub>2,5</sub>**

Alla soglia di 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , il numero di morti attribuibili al **PM<sub>2,5</sub>** è di 135, corrispondente all'0,82% di tutti i decessi per cause naturali. Se fosse rispettato il limite di 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  proposto dalle nuove linee guida dell'OMS si potrebbero evitare 214 decessi all'anno attribuibili al **PM<sub>2,5</sub>**.

Il **PM<sub>2,5</sub>** ha un impatto maggiore sui ricoveri per patologie respiratorie rispetto a quelle cardiovascolari.

Città Metropolitana, 2021	Valore limite di PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (soglia sotto la quale si considera non si abbiano effetti sulla salute)		
	>20	>10	>5 limite OMS2021
<b>Mortalità naturale</b>			
N. decessi (IC 95%)	58 (21-95)	135 (49 – 221)	214 (78-348)
RA% (IC 95%)	0,35 (0,13-0,58)	0,82 (0,3 – 1,33)	1,29 (0,47-2,10)
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>			
N. ricoveri (IC 95%)	84 (0-179)	195 (0-412)	307 (0-645)
RA % (IC95%)	0,54 (0-1,16)	1,26 (0-2,67)	1,99 (0-4,17)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>			
N. ricoveri (IC 95%)	39 (7-72)	91 (17-166)	144 (27-263)
RA % (IC95%)	0,26 (0,05-0,48)	0,6 (0,11-1,1)	0,96 (0,18- 1,74)

La figura sottostante mostra la distribuzione dei 135 morti in eccesso calcolati alla soglia di PM<sub>2,5</sub> maggiore di 10 µg/m<sup>3</sup>; circa il 35% dei morti in eccesso avviene a concentrazioni inferiori ai 25 µg/m<sup>3</sup> l'attuale limite normativo.

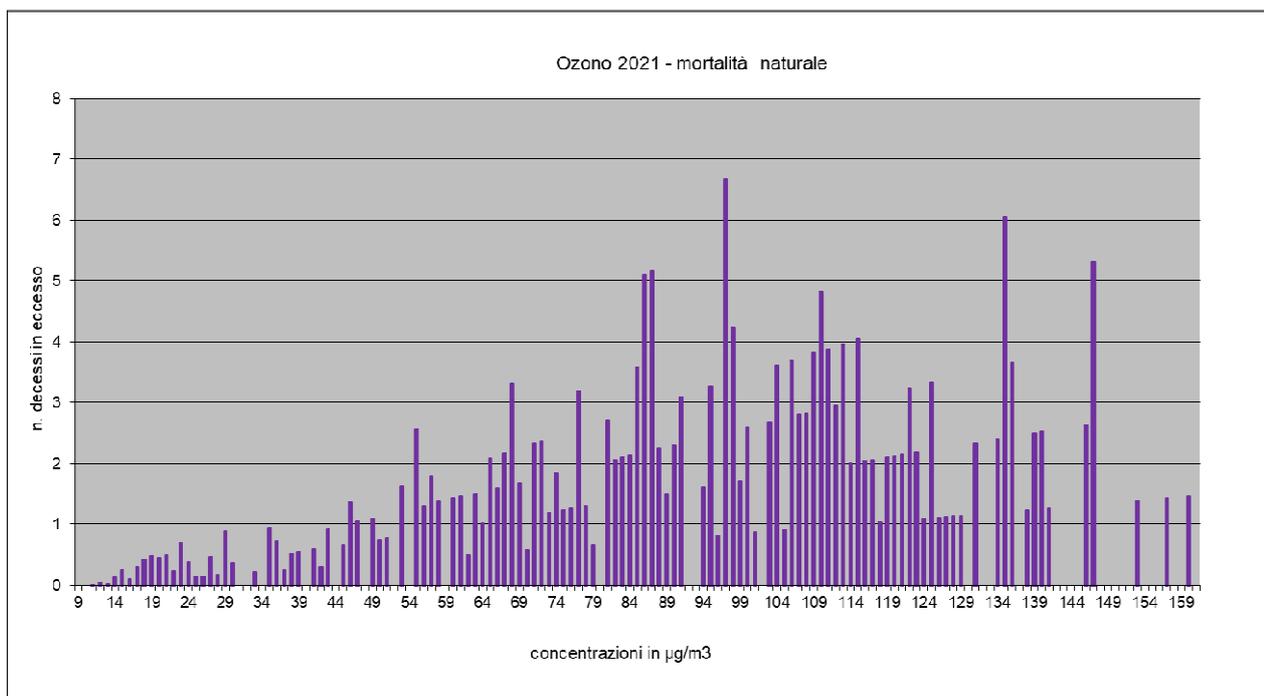


#### 4.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup> di ozono si evidenzia il RA% dello 0,50% per la mortalità naturale, dello 0,85% e dello 0,50% per la mortalità cardiovascolare e respiratoria. I ricoveri in eccesso da attribuire all'ozono alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup> sono 118 per le patologie respiratorie e 148 per quelle cardiovascolari, ossia lo 0,76% e l'1,54% di tutti i ricoveri per le stesse cause.

	Valore limite di ozono ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), (soglia sotto la quale si considera che non si abbiano effetti sulla salute)		
Città Metropolitana, 2020	>100 limite	>70	>10
<b>Mortalità Naturale</b>			
N. decessi (IC 95%)	19 (9-29)	61 (30-91)	214 (104-317)
RA% (IC 95%)	0,16 (0,08-0,23)	0,50 (0,24-0,74)	1,75 (0,85-2,59)
<b>Mortalità Cardiovascolare</b>			
N. decessi (IC 95%)	10 (3-17)	31 (8-54)	108 (29-186)
RA% (IC95%)	0,27 (0,07-0,46)	0,85 (0,22- 1,47)	2,95 (0,79- 5,07)
<b>Mortalità Respiratoria</b>			
N. decessi (IC 95%)	1 (0-4)	5 (0-11)	16 (0-39)
RA% (IC95%)	0,16 (0-0,38)	0,50 (0-1,21)	1,75 (0-4,19)
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>			
N. ricoveri (IC 95%)	37 (6-70)	118 (19-222)	410 (66-766)
RA% (IC95%)	0,24 (0,04-0,45)	0,76 (0,12-1,44)	2,65 (0,42-4,95)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>			
N. ricoveri (IC 95%)	47 (26-67)	148 (83-211)	510 (289-721)
RA% (IC95%)	0,49 (0,27-0,69)	1,54 (0,86-2,20)	5,30 (3,01-7,50)

La figura mostra come sono distribuiti i 214 morti in eccesso alla soglia di  $\text{O}_3$  maggiore di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

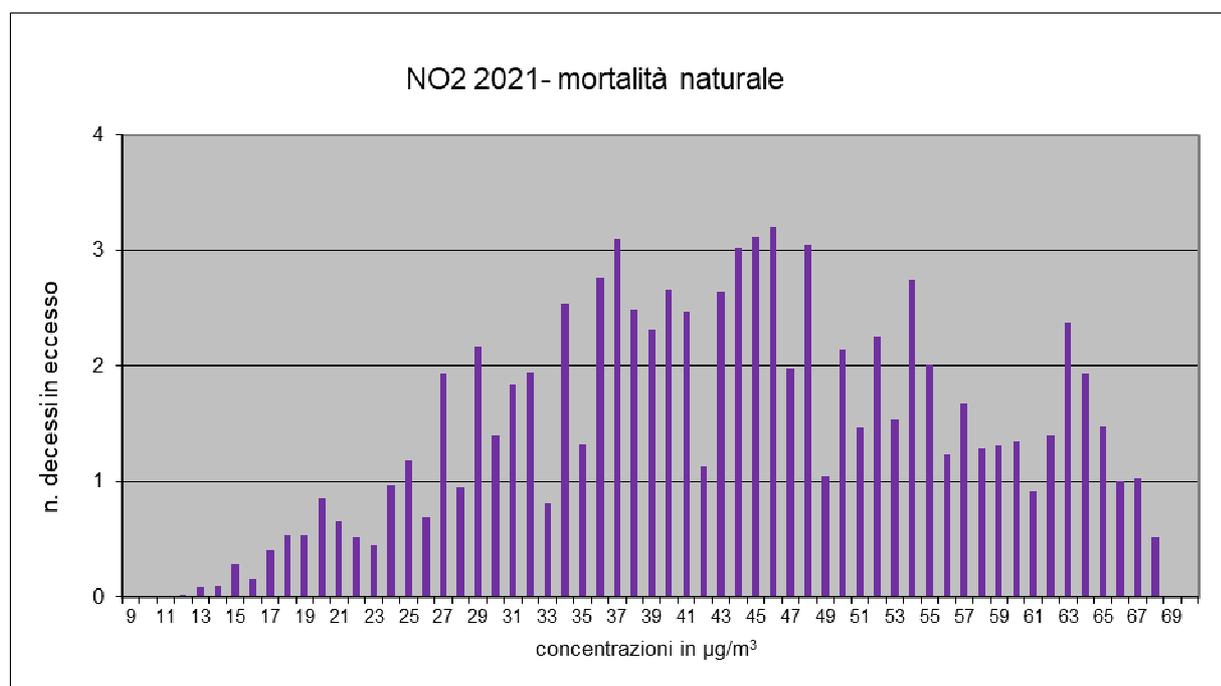


#### 4.5 Impatto a breve termine del **Biossido d'Azoto**

I decessi in eccesso alla soglia di 20 µg/m<sup>3</sup> sono 54 mentre i ricoveri per patologie respiratorie 190. Se venisse raggiunto il limite consigliato dall'OMS 2021, alla soglia dei 10 µg/m<sup>3</sup> si potrebbero evitare 85 decessi per mortalità naturale e ben 378 ricoveri per patologie respiratorie.

Valore limite di NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
Città Metropolitana, 2021	>20	>10 limite OMS2021
<b>Mortalità Naturale</b>		
N. decessi (IC 95%)	54 (32-76)	85 (50-119)
RA% (IC 95%)	0,44 (0,26-0,62)	0,70 (0,41-0,98)
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>		
N. ricoveri (IC 95%)	190 (122-258)	378 (242-512)
RA% (IC 95%)	1,23 (0,79-1,67)	2,44 (1,57-3,31)

Dalla figura sottostante si può notare che gli 85 morti in eccesso stimati alla soglia di 10 µg/m<sup>3</sup> sono distribuiti in un range di concentrazioni molto ampio.



#### 4.6 Impatto a lungo termine

Considerando la soglia di “non effetto” di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $\text{PM}_{2,5}$  nel 2021.

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 persi	% impatto
	(anni)	(IC 95 %)	
0	83,98	0,28 ( 0,18 - 0,37 )	0,33
5	79,18	0,27 ( 0,18 - 0,36 )	0,35
10	74,21	0,27 ( 0,18 - 0,36 )	0,37
20	64,27	0,27 ( 0,18 - 0,36 )	0,42
30	54,35	0,27 ( 0,18 - 0,36 )	0,49
50	34,77	0,26 ( 0,17 - 0,34 )	0,74
65	21,11	0,23 ( 0,15 - 0,3 )	1,08
80	9,61	0,17 ( 0,11 - 0,22 )	1,74
100	2,44	0,06 ( 0,04 - 0,08 )	2,57

Un bambino nato nel 2021 nella Città Metropolitana di Bologna, ha una speranza di vita di poco meno di 84 anni, considerando solo la mortalità naturale. Di questi però 0,28 (IC 95% 0,18-0,37) anni (circa tre mesi e mezzo) vengono persi a causa di livelli di  $\text{PM}_{2,5}$  pari a quelli del 2021.

Sono soprattutto le fasce di popolazione anziana a pagare il maggior tributo in termini di anni di vita persi, infatti l’inquinamento ha un impatto via via crescente sulla speranza di vita all’aumentare dell’età: dopo i 50 anni lo 0,74% della speranza di vita viene perduta a causa dell’inquinamento e raggiunge l’1,74% dopo gli 80 anni.

Nella tabella seguente vengono riportati i decessi attribuibili agli effetti a lungo termine del PM<sub>2,5</sub> calcolati sia sul limite di 10 µg/m<sup>3</sup> che sul limite di 5 µg/m<sup>3</sup>. Il numero di decessi (>30 anni) per cause naturali che si potrebbero evitare al nuovo livello proposto dall'OMS è di 730, pari al 5,98% dei decessi registrati per mortalità naturale nella città Metropolitana di Bologna.

	<b>Valore limite di PM<sub>2,5</sub> o (µg/m<sup>3</sup>), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)</b>	
<b>Città Metropolitana, 2021</b>	<b>&gt;10</b>	<b>&gt;5 limite OMS2021</b>
<b>Mortalità naturale</b>		
N. decessi (IC 95%)	379 (249- 500)	730 (481 – 958)
RA% (IC 95%)	3,11 (2,04 - 4,10)	5,98 (3,94 - 7,85)
<b>Mortalità Cardiovascolare</b>		
N. decessi (IC 95%)	179 (93 - 259)	341 (179 - 488)
RA% (IC95%)	4,88 (2,53 – 7,07)	9,31 (4,88 - 13,35)
<b>Mortalità Respiratoria</b>		
N. decessi (IC 95%)	45 (0-99)	86 (0 - 184)
RA% (IC95%)	4,88 (0-10,68)	9,31 (0 - 19,79)
<b>Mortalità per tumore al polmone</b>		
N. ricoveri (IC 95%)	24 (11-36)	46 (21-68)
RA% (IC95%)	4,42 (2,04-6,65)	8,45 (3,94-12,57)

Nella tabella seguente viene riportato il calcolo dell'impatto a lungo termine del biossido di azoto alla soglia di "non effetto" di 20 µg/m<sup>3</sup> e di 10 µg/m<sup>3</sup>. Se si riuscisse a raggiungere il livello di 10 µg/m<sup>3</sup> della concentrazione annua di NO<sub>2</sub>, il numero di decessi per cause naturali che si potrebbero evitare è stimato in 635.

	<b>Valore limite di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)</b>	
<b>Città Metropolitana, 2021</b>	<b>&gt;20</b>	<b>&gt;10 limite OMS2021</b>
<b>Mortalità naturale</b>		
N. decessi (IC 95%)	161 (76-247)	635 (302-966)
RA% (IC 95%)	1,32 (0,62-2,03)	5,20 (2,47- 7,92)

## VIS per il Comune di Bologna

### 5.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

I dati di popolazione<sup>57</sup>, per il calcolo dei tassi grezzi di mortalità e di ospedalizzazione sono:

Popolazione (agg. al 14/06/2022)	Al 1/1/2021	Al 1/1/2020	media nel 2021
Tutte le età	391.412	392.690	392.051
Età >30 anni	291.852	292.381	292.117

Il numero di residenti, morti<sup>58</sup> in qualsiasi località, per le cause considerate, ed i tassi grezzi di mortalità per 100.000 residenti sono:

Cause di mortalità (ICD-10)	Età	Numero	Tasso grezzo mortalità x 100.000
Mortalità naturale (A00-R99, Uxx)	tutte le età	4.801	1224,6
	>30 anni	4.783	1637,4
Mortalità per malattie cardiovascolari (I00-I99)	tutte le età	1.453	370,6
Mortalità per malattie apparato respiratorio (J01-J99)	tutte le età	365	93,1
Mortalità per tumore trachea, bronchi e polmone (C33 e C34)	tutte le età	214	54,6

Il numero di residenti del Comune di Bologna ricoverati in regime ordinario nel 2021 nel territorio provinciale sono:

Cause di ricovero	(ICD-9 CM)	Numero (tutte le età)	Tasso grezzo ospedalizzazione x 100.000
Malattie cardiovascolari	(390-429)	3.705	945,0
	(390-459)	5.840	1.489,6
Malattie dell'apparato respiratorio	(460-519)	6.103	1.556,7

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

Nel 2021 nella Città di Bologna, alla soglia di 20 µg/m<sup>3</sup>, il numero dei morti per cause naturali attribuibili al PM<sub>10</sub> è pari a 23 (IC95% 20-27), corrispondente ad un RA% dello 0,49%. Se fosse rispettato il limite di 15 µg/m<sup>3</sup> proposto dalle nuove guide dell'OMS si potrebbero evitare 33 decessi all'anno attribuibili al PM<sub>10</sub>.

Comune di Bologna, 2021	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)		
	>20	>15 limite OMS2021	>10
<b>Mortalità naturale</b>			
N. decessi (IC 95%)	23 (20-27)	33 (28-39)	48 (40-56)
RA% (IC95%)	0,49% (0,41-0,57)	0,70 (0,58-0,81)	1,01 (0,84-1,17)

### 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 considerando la soglia di 10 µg/m<sup>3</sup> è di 51. Alla stessa soglia, per quanto riguarda i ricoveri, al PM<sub>2,5</sub> sono attribuibili l'1,23% dei ricoveri per cause respiratorie e lo 0,59% di quelli per cause cardiovascolari.

Comune di Bologna, 2021	Valore limite di PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (soglia sotto la quale si considera non si abbiano effetti sulla salute)		
	>20	>10	>5 limite OMS2021
<b>Mortalità naturale</b>			
N. decessi (IC 95%)	23 (8-37)	51 (19 – 84)	82 (30-133)
RA% (IC 95%)	0,35% (0,13-0,58)	0,80 (0,29 – 1,30)	1,27 (0,47-2,07)
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>			
N. ricoveri (IC 95%)	33 (0-72)	75 (0- 160)	120 (0-251)
RA % (IC95%)	0,55 (0-1,17)	1,23 (0-2,61)	1,96 (0-4,12)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>			
N. ricoveri (IC 95%)	15 (3-28)	34 (6-63)	55 (10-100)
RA % (IC95%)	0,26 (0,05-0,48)	0,59 (0,11-1,08)	0,94 (0,18- 1,71)

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

Alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup>, nel Comune di Bologna, sono attribuibili 22 morti in eccesso, ossia lo 0,46% della mortalità. Per quanto riguarda l'impatto sui ricoveri alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup>, le stime dei RA% raggiungono l'1,43% per le malattie cardiovascolari e lo 0,71% per quelle respiratorie.

Comune di Bologna, 2021	Valore limite di ozono (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>100	>70	>10
<b>Mortalità Naturale</b>			
N. decessi (IC 95%)	7 (3-10)	22 (11-33)	80 (39-118)
RA% (IC 95%)	0,14 (0,07-0,21)	0,46 (0,22-0,69)	1,66 (0,80-2,45)
<b>Mortalità Cardiovascolare</b>			
N. decessi (IC 95%)	4 (1-6)	11 (3-20)	41 (11-70)
RA% (IC95%)	0,24 (0,06-0,42)	0,79 (0,21- 1,36)	2,79 (0,74- 4,80)
<b>Mortalità Respiratoria</b>			
N. decessi (IC 95%)	1 (0-1)	2 (0-4)	6 (0-14)
RA% (IC95%)	0,14 (0-0,35)	0,46 (0-1,12)	1,66 (0-3,97)
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>			
N. ricoveri (IC 95%)	13 (2-25)	43 (7-81)	153 (25-286)
RA% (IC95%)	0,22 (0,03-0,41)	0,71 (0,11-1,33)	2,51 (0,40-4,69)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>			
N. ricoveri (IC 95%)	16 (9-23)	53 (30-76)	186 (105-264)
RA% (IC95%)	0,44 (0,25-0,63)	1,43 (0,80-2,04)	5,02 (2,84-7,11)

## 5.5 Impatto a breve termine del **Biossido d’Azoto**

I decessi attribuibili al NO<sub>2</sub> alla soglia di 20 µg/m<sup>3</sup> per la mortalità per cause naturali sono 27 mentre i ricoveri per malattie respiratorie sono 99.

	Valore limite di NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10 limite OMS2021
<b>Comune di Bologna, 2021</b>		
<b>Mortalità naturale</b>		
N. morti (IC 95%)	27 (16-39)	40 (24-56)
RA% (IC 95%)	0,57 (0,34-0,81)	0,84 (0,50-1,17)
<b>Ricoveri per malattie respiratorie</b>		
N. ricoveri (IC 95%)	99 (64-135)	180 (116-244)
RA% (IC 95%)	1,63 (1,04-2,21)	2,95 (1,89-3,99)

## 5.6 Impatto a lungo termine

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<sub>2,5</sub> nel 2021, considerando la soglia di “non effetto” pari a 10 µg/m<sup>3</sup> e la “percentuale (%) d’impatto” sulla speranza di vita degli anni di vita persi a causa dell’esposizione PM<sub>2,5</sub>.

Età	Speranza di vita (anni)	Anni persi (IC 95 %)	% impatto
0	84,26	0,27 ( 0,18 - 0,36 )	0,32
5	79,45	0,27 ( 0,17 - 0,35 )	0,33
10	74,50	0,26 ( 0,17 - 0,35 )	0,35
20	64,57	0,26 ( 0,17 - 0,35 )	0,41
30	54,66	0,26 ( 0,17 - 0,34 )	0,48
50	35,01	0,25 ( 0,16 - 0,33 )	0,72
65	21,42	0,22 ( 0,14 - 0,29 )	1,03
80	9,92	0,16 ( 0,11 - 0,22 )	1,64
100	2,45	0,06 ( 0,04 - 0,08 )	2,58

Si desume che un bambino nato nel 2021 nel Comune di Bologna ha, in base alla struttura della popolazione e al tasso di mortalità per cause naturali, la speranza di vita di poco più di 84 anni. Di questi però lo 0,27 (IC 95% 0,18-0,36) anni, ossia quasi 3 mesi e mezzo, vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM<sub>2,5</sub> del 2021.

Nelle seguenti tabelle vengono riportati il numero di decessi attribuibili agli effetti a lungo termine del PM<sub>2,5</sub> e del biossido di azoto nel Comune di Bologna.

	<b>Valore limite di PM<sub>2,5</sub> o (µg/m<sup>3</sup>), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)</b>	
<b>Comune di Bologna, 2021</b>	<b>&gt;10</b>	<b>&gt;5 limite OMS2021</b>
<b>Mortalità naturale</b>		
N. decessi (IC 95%)	142 (93-188)	280 (184 – 367)
RA% (IC 95%)	2,97 (1,95-3,92)	5,85 (3,85 -7,68)
<b>Mortalità Cardiovascolare</b>		
N. decessi (IC 95%)	68 (35-98)	132 (69- 190)
RA% (IC95%)	4,67 (2,42-6,78)	9,11 (4,77- 13,07)
<b>Mortalità Respiratoria</b>		
N. decessi (IC 95%)	17 (0-37)	33 (0- 71)
RA% (IC95%)	4,67 (0-10,24)	9,11 (0-19,39)
<b>Mortalità per tumore al polmone</b>		
N. ricoveri (IC 95%)	9 (4-14)	18 (8-26)
RA% (IC95%)	4,23 (1,95-6,37)	8,27 (3,85-12,30)

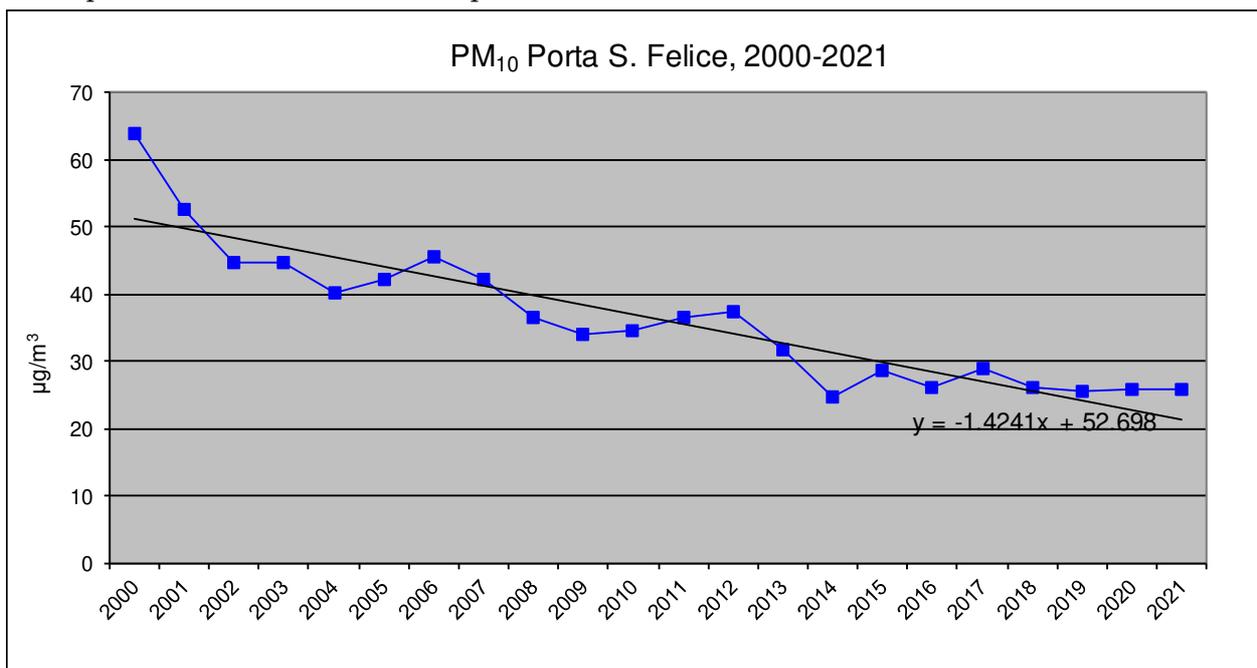
	<b>Valore limite di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)</b>	
<b>Comune di Bologna, 2021</b>	<b>&gt;20</b>	<b>&gt;10 limite OMS2021</b>
<b>Mortalità naturale</b>		
N. decessi (IC 95%)	116 (55-178)	300 (143 – 455)
RA% (IC 95%)	2,43 (1,14-3,72)	6,27 (2,99 – 9,51)

## Confronto temporale

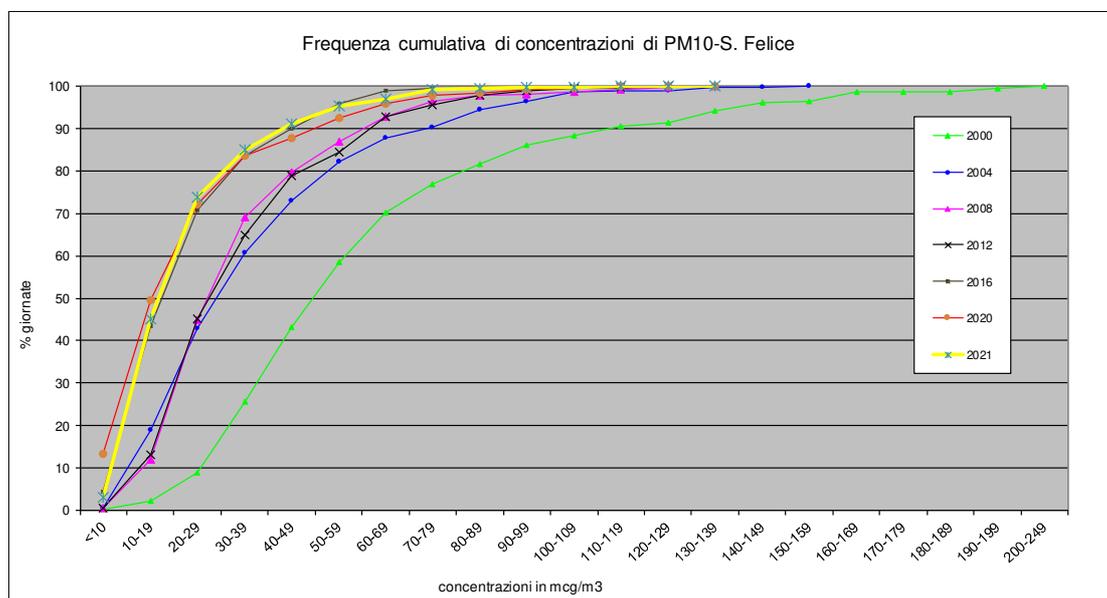
Di seguito riportiamo l'andamento temporale delle concentrazioni dei quattro inquinanti e del loro impatto sulla mortalità.

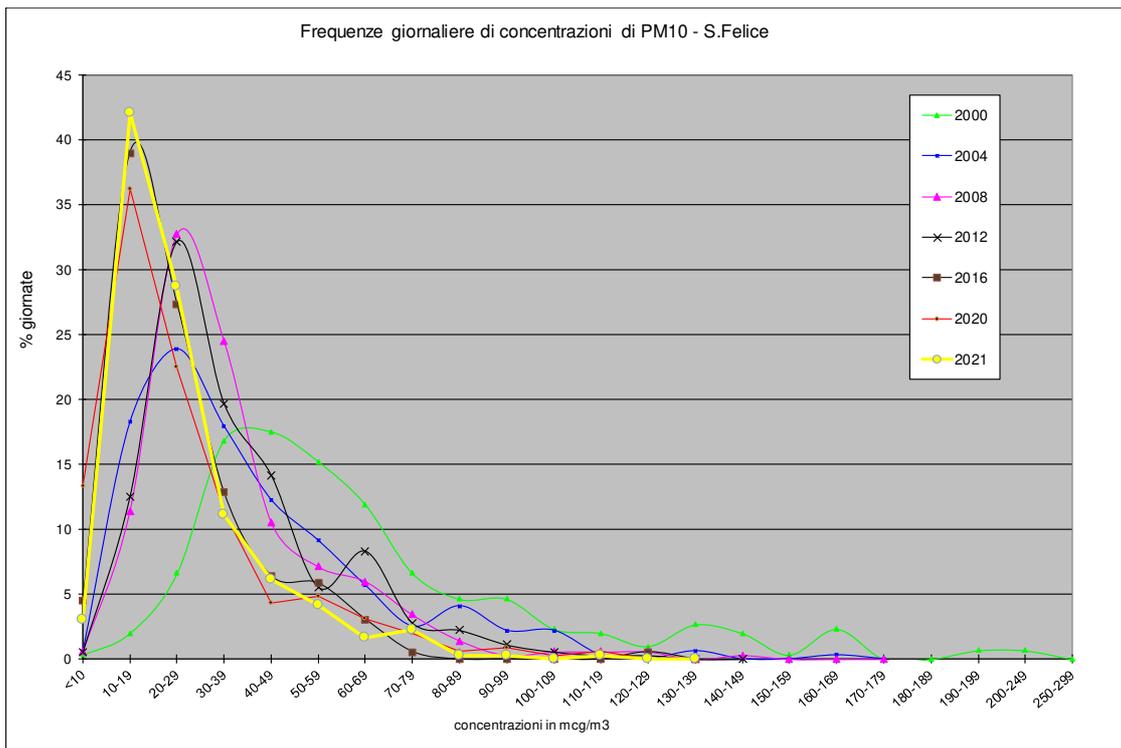
### PM<sub>10</sub>

Dal grafico riportato si evince che nel periodo 2000-2021 le concentrazioni di PM<sub>10</sub> (concentrazioni di Porta San Felice) evidenziano un trend in diminuzione (-1,42 µg/m<sup>3</sup> all'anno), anche se negli ultimi quattro anni i valori risultano presentare un andamento stazionario.

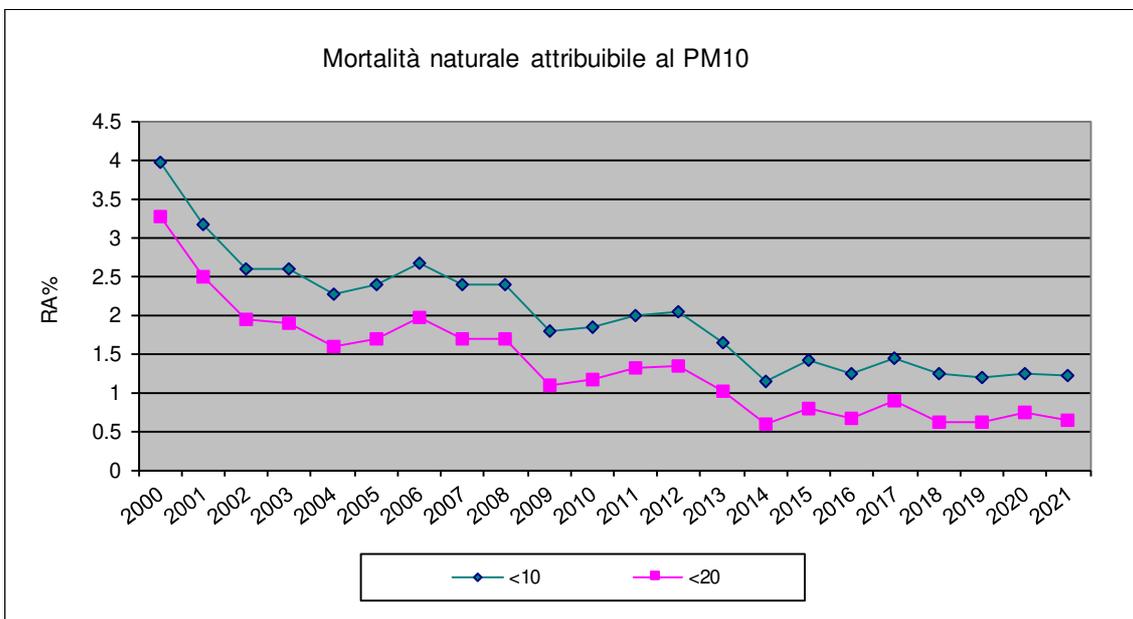


In parallelo, come si vede dal grafico sottostante, è aumentata la percentuale di giornate con valori di concentrazione più bassi rispetto ai primi anni duemila. Complessivamente nel 2021 il numero di giornate con valori di PM<sub>10</sub> inferiori a 50 µg/m<sup>3</sup> è superiore al 91%, nel 2000 queste costituivano il 50% delle giornate (grafico frequenza cumulativa di concentrazioni PM<sub>10</sub> S. Felice).



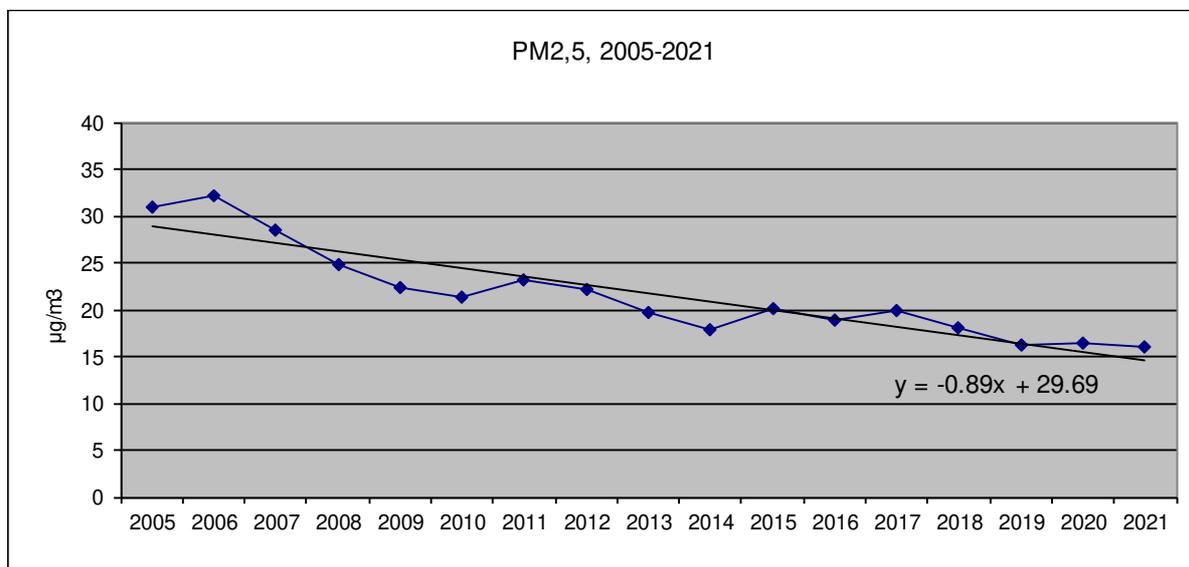


Per quanto riguarda la mortalità attribuibile all'esposizione a breve termine del PM<sub>10</sub>, complessivamente dal 2000 si è osservato un decremento del RA%; il decremento riguarda soprattutto il primo periodo infatti, negli ultimi anni i valori sono abbastanza stazionari con lievi oscillazioni inter-annuali.

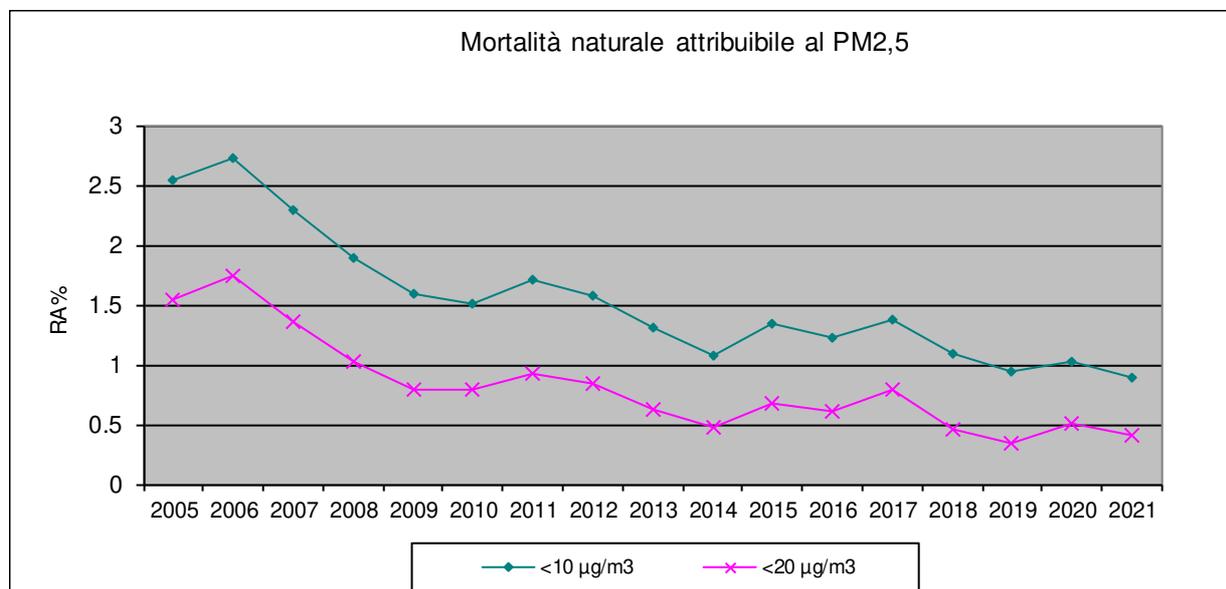


## PM<sub>2,5</sub>

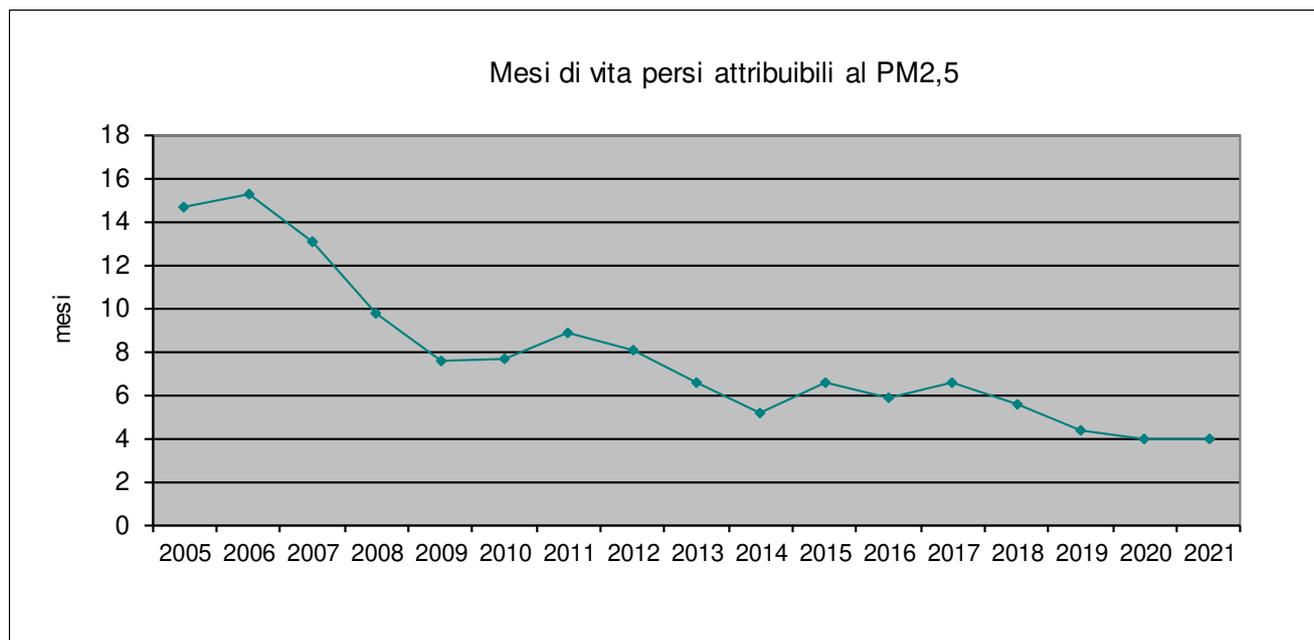
Nel periodo 2005-2021 le concentrazioni del PM<sub>2,5</sub> (concentrazioni di Porta San Felice) mostrano complessivamente un trend in riduzione (-0,89 all'anno), con il valore più basso raggiunto proprio nel 2021 (16 µg/m<sup>3</sup>), negli ultimi tre anni si registra comunque un andamento stazionario.



La mortalità attribuibile al PM<sub>2,5</sub> segue conseguentemente un andamento simile a quello delle concentrazioni.

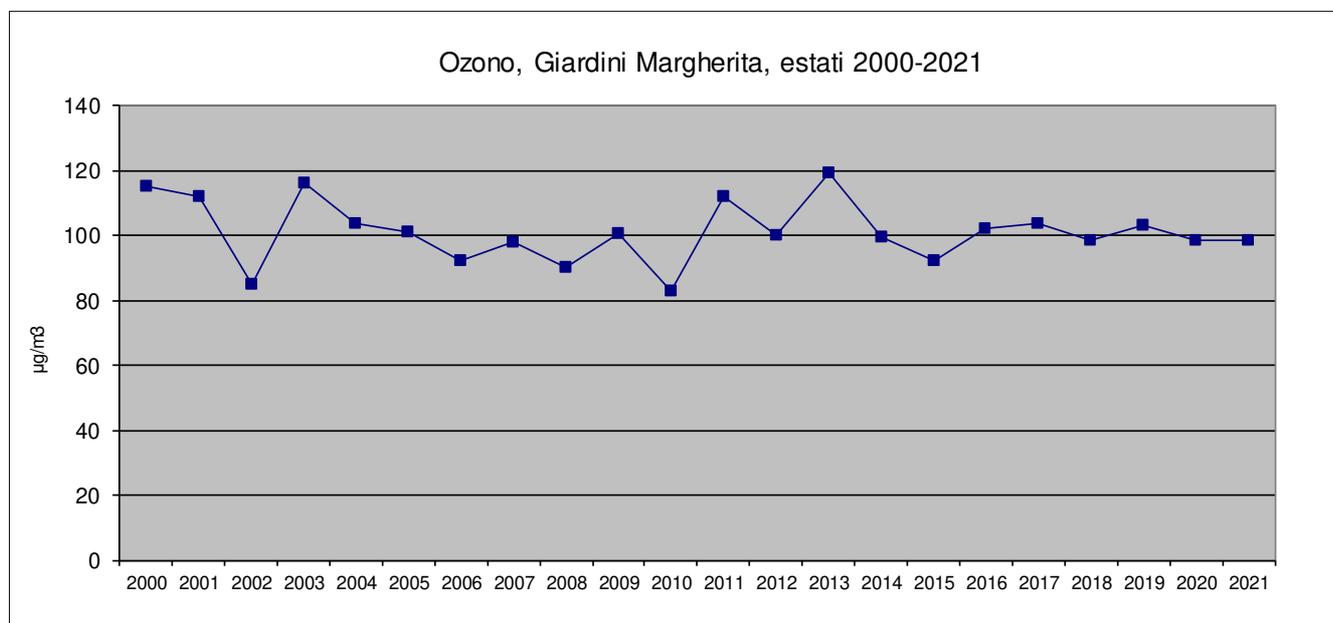


Per quanto riguarda l'impatto a lungo termine, il numero di mesi di vita persi attribuibili all'esposizione al PM<sub>2,5</sub> si è ridotto in modo significativo passando da valori superiori ad un anno (14-15 mesi) nel 2005-2006 a valori inferiori ai 4 mesi negli ultimi due anni.

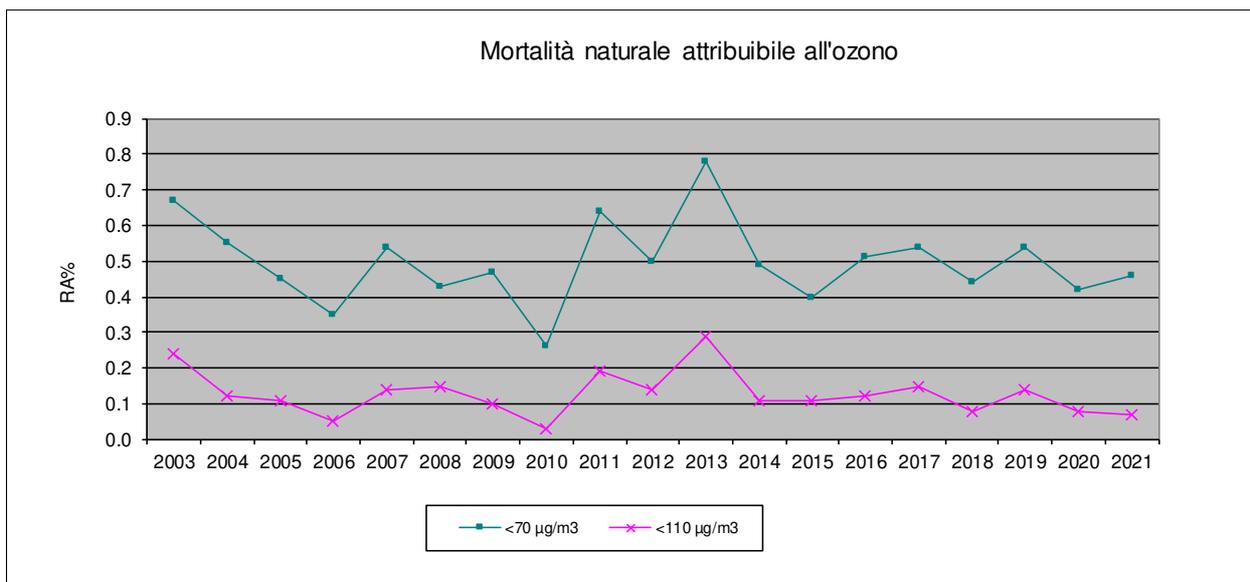


### O<sub>3</sub>

Dal confronto delle concentrazioni del periodo 2000-2021 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. Le oscillazioni dei valori dal 2016 al 2021 risultano essere molto più contenute rispetto a quelle degli anni precedenti.

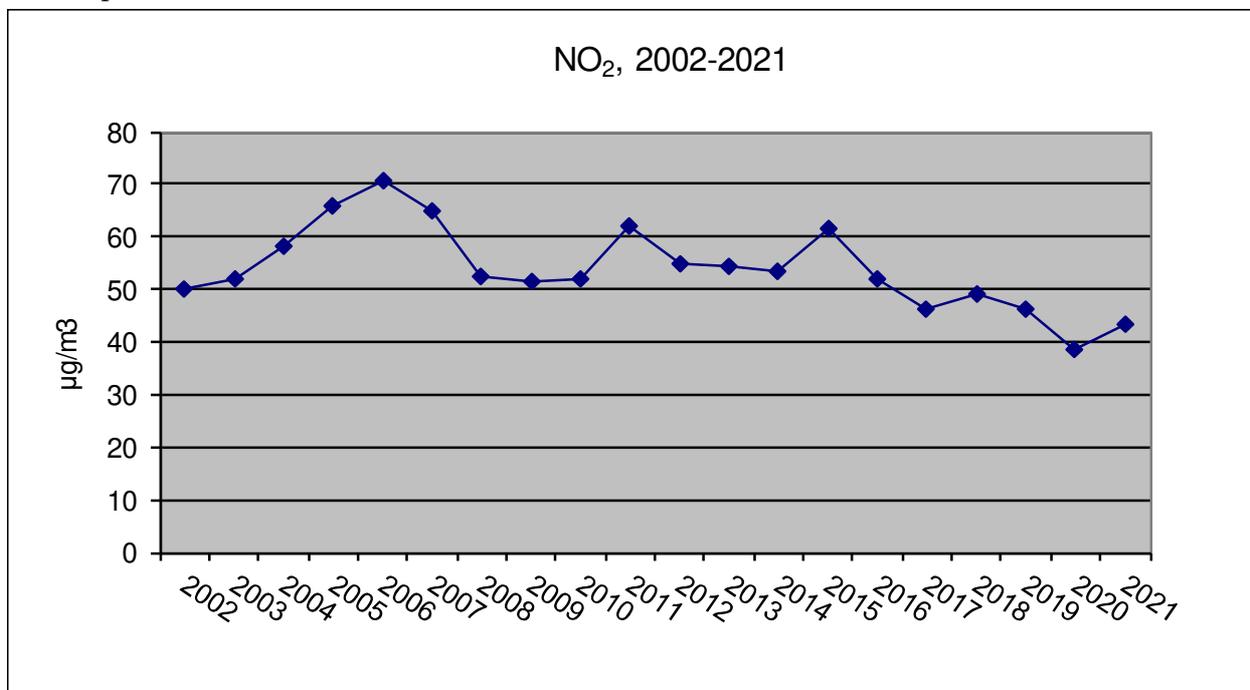


Anche la mortalità generale attribuibile all'ozono varia di anno in anno senza che vi sia un chiaro trend in una direzione specifica; i valori più alti sono stati raggiunti nel 2003 e nel 2013, anni caratterizzati da estati molto calde.

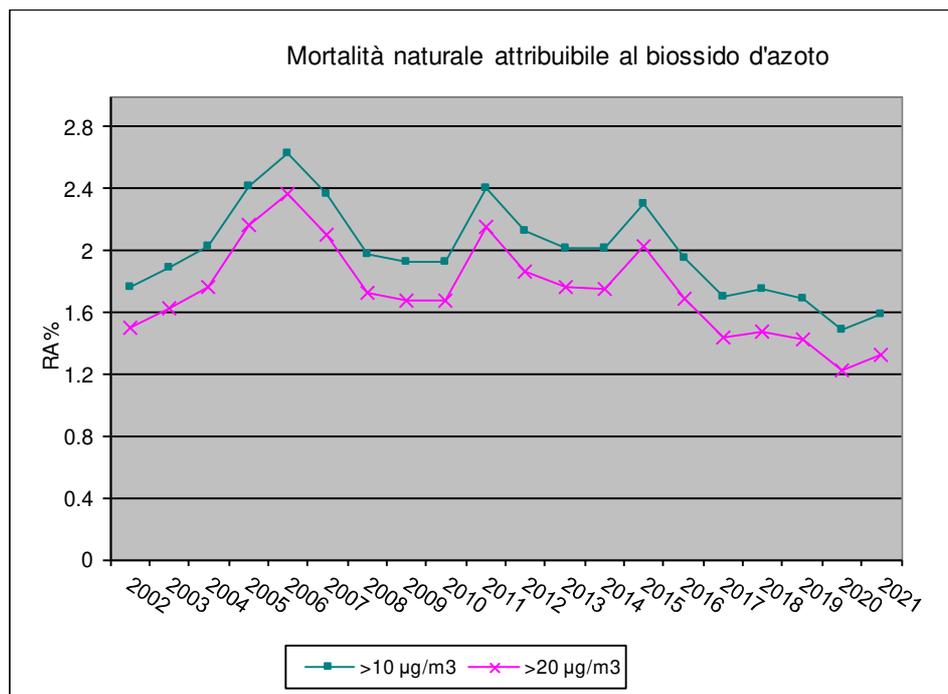


## NO<sub>2</sub>

Per quanto riguarda le concentrazioni medie annue del NO<sub>2</sub> registrate presso la centralina di Porta San Felice, in un prima fase si osservano solo variazioni interannuali senza un chiaro trend in aumento o in diminuzione mentre dal 2015 si osserva una tendenza alla progressiva riduzione dei valori. Il valore più basso della serie storica è stato raggiunto nel 2020 anno della pandemia e caratterizzato da un lungo lockdown. Nel 2021 i valori registrano un lieve incremento rispetto all'anno precedente.

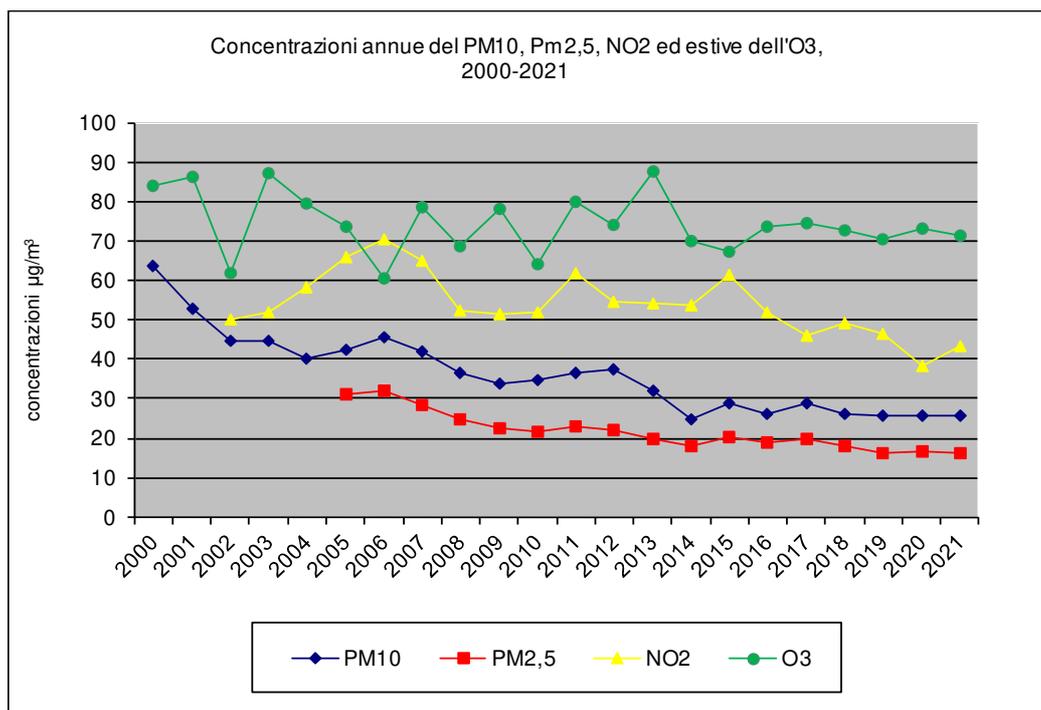


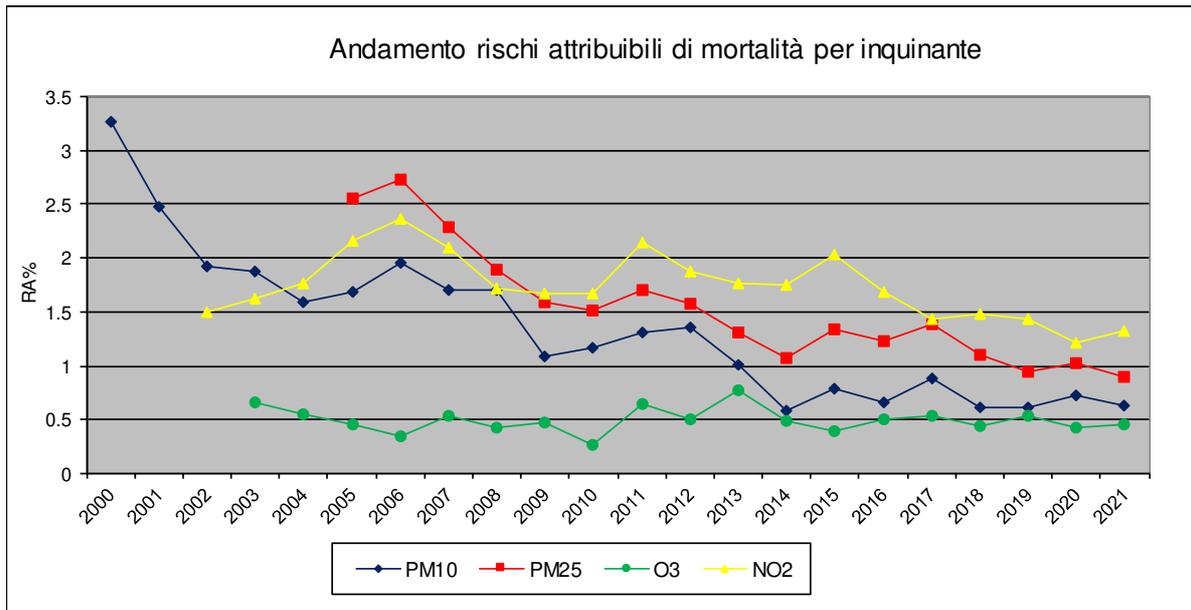
Analogo andamento ha anche l'impatto sanitario del biossido di azoto sulla mortalità naturale, con valori che nel 2021 aumentano leggermente rispetto all'anno precedente.



## PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>

Per concludere, l'andamento temporale delle concentrazioni medie annuali e dell'impatto sanitario variano a seconda dell'inquinante. Si registra, tuttavia, per tutti gli inquinanti un trend in riduzione o sostanzialmente stabile; rispetto all'anno 2020 si osserva un lieve aumento del biossido di azoto ma segue il trend di diminuzione registrato negli ultimi anni. Questo andamento si riflette sull'andamento dell'impatto sanitario, come evidenziato dal grafico "Andamento rischi attribuibili di mortalità per inquinante".





## Considerazioni

I livelli misurati dalla rete della qualità dell'aria nel 2021<sup>19</sup> mostrano concentrazioni medie per quasi tutti gli inquinanti in linea o lievemente inferiori rispetto a quelle osservate nell'ultimo quinquennio. Più complesso invece il confronto con il 2020, anno in cui, con le restrizioni legate alla situazione pandemica, alcuni inquinanti avevano registrato importanti riduzioni.

Nel 2021, il valore limite annuale del biossido d'azoto previsto dalla normativa ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), è stato rispettato in tutte le centraline del territorio della Città Metropolitana di Bologna con l'eccezione della stazione urbana da traffico di Porta San Felice. Il valore limite sulla media oraria di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , da non superare per più di 18 ore nel corso di un anno, risulta rispettato in tutte le stazioni, così come, conseguentemente, la soglia di allarme di  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ciò evidenzia che eventuali episodi di inquinamento acuto legati a concentrazioni orarie elevate di  $\text{NO}_2$  non rappresentano un elemento di criticità.

Per quanto riguarda il particolato  $\text{PM}_{10}$  si osserva il rispetto, per tutte le stazioni della rete, del limite delle 35 giornate di superamento del limite giornaliero e del valore medio anno sia nella Città Metropolitana di Bologna che nel Comune di Bologna. Similmente anche per le concentrazioni di  $\text{PM}_{2,5}$  non si registrano superamenti del valore annuale limite ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Per quanto concerne l'ozono non si sono verificati superamenti della soglia di allarme di  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , per la soglia di informazione fissata a  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , nel corso del 2021, sono stati registrati tre superamenti per entrambe le stazioni di fondo extraurbano di San Pietro Capofiume e Castelluccio. Il numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stato di 34 volte presso i Giardini Margherita, 42 volte in via Chiarini e 52 volte a San Pietro Capofiume.

Tuttavia, nonostante i miglioramenti nel tempo e il rispetto della maggior parte dei limiti, l'inquinamento atmosferico rappresenta ancora un pericolo per la salute e la sua riduzione deve rimanere un obiettivo da perseguire. Questo rapporto evidenzia infatti che nel Comune e nella Città Metropolitana di Bologna nel 2021 la frazione di mortalità naturale attribuibile all'esposizione a breve termine ai vari inquinanti va dallo 0,46% per il biossido di azoto allo 1,01% per il  $\text{PM}_{2,5}$ , mentre all'esposizione a lungo termine è attribuibile quasi il 3,11% di mortalità con una riduzione della speranza di vita alla nascita di quasi 3 mesi e mezzo.

Se facciamo un confronto dei valori medi registrati nel 2021 per le concentrazioni annuali di biossido di azoto e particolato atmosferico dalle stazioni di fondo urbano della città Metropolitana di Bologna, evidenziamo una sostanziale distanza con i valori raccomandati dalle nuove guide dell'OMS, nessuna delle centraline considerate è infatti in linea con i parametri dell'OMS, e alcune di queste segnalano degli scostamenti molto rilevanti.

In questa valutazione abbiamo stimato i potenziali benefici per la salute derivanti dal raggiungimento dei valori delle linee guida dell'OMS: considerando ad esempio il nuovo livello di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la concentrazione annuale del  $\text{PM}_{2,5}$  si potrebbero evitare 730 decessi, pari al 5,98% dei decessi registrati per mortalità naturale nella città Metropolitana di Bologna nel lungo periodo.

Pur evidenziando trends in leggera riduzione o sostanzialmente stabili riferiti all'andamento dei principali inquinanti atmosferici negli ultimi anni, le nuove linee guida dell'OMS mettono in evidenza la necessità di tendere a livelli più bassi di inquinamento e promuovere nuovi interventi per ridurre le emissioni tramite soluzioni di trasporto in grado di ridurre le emissioni inquinanti e climalteranti a beneficio dell'ambiente, della salute pubblica e della qualità della vita, potenziando il trasporto collettivo di massa nelle città, investendo sulle reti ciclabili, rafforzando i servizi

di sharing mobility, dotando le città di zone a basse emissioni dove escludere in modo progressivo la circolazione dei veicoli a motore.

Diversi sono gli studi che hanno evidenziato gli effetti mitigatori del verde urbano sull'esposizione a inquinanti atmosferici di origine antropica, in particolare la capacità nella rimozione dell'O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> e del PM da parte delle specie arboree<sup>58,59</sup>. Proteggere, riqualificare ed incrementare sia le aree verdi urbane e periurbane, tramite la valorizzazione della rete di infrastrutture verdi, risulta pertanto fondamentale per uno sviluppo sostenibile delle aree metropolitane, per incrementare la qualità dell'aria, il benessere e per la tutela della salute dell'uomo portando ad un miglioramento della salute fisica e mentale, delle funzioni cognitive con diminuzione del rischio di demenza, riduzione della morbilità e mortalità cardiovascolare, dell'obesità e del rischio di diabete di tipo 2<sup>60,61</sup>.

Partendo dal presupposto che le variazioni climatiche influenzano la qualità dell'aria e che l'inquinamento dell'aria induce variazioni climatiche è ormai evidente la necessità di adottare politiche e misure che affrontino simultaneamente il problema della qualità dell'aria e dei cambiamenti climatici. Il riscaldamento globale causato dalle emissioni di gas climalteranti derivanti dall'impiego dei combustibili fossili e dall'uso non sostenibile del territorio e delle risorse naturali<sup>62</sup>, sollecita la necessità di porre in atto sia politiche globali per ridurre drasticamente le emissioni e mitigare l'aumento delle temperature, sia strategie di adattamento per limitare gli impatti dei cambiamenti climatici che comunque si verificheranno<sup>63</sup>.

Il cambiamento climatico di origine antropica è un dato di fatto ed un fattore di rischio rilevante per la salute della popolazione, la sfida da affrontare in futuro sarà assicurare che le politiche relative al clima e alla qualità dell'aria si concentrino su scenari vincenti su entrambi i fronti e soprattutto sull'impatto che tali cambiamenti possono avere sullo stato di salute.

## 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 la proporzione di eventi sfavorevoli che potrebbero essere evitati o ritardati nell'intera popolazione rimuovendo completamente l'esposizione al fattore di rischio.

La sua formula è: (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.

Anni di vita persi: numero medio annuo di anni di vita persi di una popolazione a seguito dell'esposizione alle concentrazioni raggiunte dal  $PM_{2,5}$  nel 2020 utilizzando la soglia di non effetto di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## Bibliografia

1. Dominski FH, Lorenzetti Branco JH, Buonanno G et al. Effects of air pollution on health: A mapping review of systematic reviews and meta-analyses. *Environ Res*, 2021; 201:111487.
2. Sun Z, Zhu D. Exposure to outdoor air pollution and its human related health outcomes: an evidence gap map. *BMJ Open* 2019;9:e031312.
3. WHO Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project, Technical Report 2013, WHO Copenhagen, Denmark.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. EpiAir. Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione (EpiAir) <http://www.EpiAir.it/>
8. European Environment Agency, **Air quality in Europe – 2020 report**. 2020 .160 pp. ISBN 978-92-9480-292-7 doi:10.2800/786656
9. IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths, Press release 221, 2013, Lyon France.
10. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization 2021
11. Hvidtfeldt UA, Severi G, Andersen ZJ, Atkinson R, Bauwelinck M, Bellander T, Boutron-Ruault MC, Brandt J, Brunekreef B, Cesaroni G, Chen J, Concini H, Forastiere F, van Gils CH, Gulliver J, Hertel O, Hoek G, Hoffmann B, de Hoogh K, Janssen N, Jöckel KH, Jørgensen JT, Katsouyanni K, Ketzel M, Klompmaker JO, Krog NH, Lang A, Leander K, Liu S, Ljungman PLS, Magnusson PKE, Mehta AJ, Nagel G, Oftedal B, Pershagen G, Peter RS, Peters A, Renzi M, Rizzuto D, Rodopoulou S, Samoli E, Schwarze PE, Sigsgaard T, Simonsen MK, Stafoggia M, Strak M, Vienneau D, Weinmayr G, Wolf K, Raaschou-Nielsen O, Fecht D. Long-term low-level ambient air pollution exposure and risk of lung cancer - A pooled analysis of 7 European cohorts. *Environ Int*. 2021 Jan;146:106249. doi: 10.1016/j.envint.2020.106249. Epub 2020 Nov 13. PMID: 33197787.
12. Orellano P, Reynoso J, Quaranta N, Bardach A, Ciapponi A. Short-term exposure to particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), and ozone (O<sub>3</sub>) and all-cause and cause-specific mortality: Systematic review and meta-analysis. *Environ Int*. 2020 Sep;142:105876. doi: 10.1016/j.envint.2020.105876. Epub 2020 Jun 23. PMID: 32590284.
13. Huangfu P, Atkinson R. Long-term exposure to NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> and all-cause and respiratory mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int*. 2020 Nov;144:105998. doi: 10.1016/j.envint.2020.105998. Epub 2020 Oct 5. PMID: 33032072; PMCID: PMC7549128.
14. Chen J, Hoek G. Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int*. 2020 Oct;143:105974. doi: 10.1016/j.envint.2020.105974. Epub 2020 Jul 20. PMID: 32703584.

15. Boogaard H, Patton AP, Atkinson RW, Brook JR, Chang HH, Crouse DL, Fussell JC, Hoek G, Hoffmann B, Kappeler R, Kutlar Joss M, Ondras M, Sagiv SK, Samoli E, Shaikh R, Smargiassi A, Szpiro AA, Van Vliet EDS, Vienneau D, Weuve J, Lurmann FW, Forastiere F. Long-term exposure to traffic-related air pollution and selected health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 2022 Jun;164:107262. doi: 10.1016/j.envint.2022.107262. Epub 2022 Apr 25. PMID: 35569389.
16. European Commission 'Air Pollution and Climate Change' – Science for Environment Policy. Issue 24 Novembre 2010
17. Adelman Z, Fry MM, Anenberg S, Horowitz LW, Lamarque JF. Co-benefits of Global Greenhouse Gas Mitigation for Future Air Quality and Human Health. *Nat Clim Chang.* 2013 Oct 1;3(10):885-889. doi: 10.1038/NCLIMATE2009. PMID: 24926321; PMCID: PMC4051351.
18. Orru H, Ebi KL, Forsberg B. The Interplay of Climate Change and Air Pollution on Health. *Curr Environ Health Rep.* 2017 Dec;4(4):504-513. doi: 10.1007/s40572-017-0168-6. PMID: 29080073; PMCID: PMC5676805.
19. Arpa. Rete regionale di monitoraggio e valutazione della qualità dell'aria, Provincia di Bologna, Report dei dati 2021.
20. AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health", <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. Lao XQ, Guo C, Chang L. et al. Long-term exposure to ambient fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) and incident type 2 diabetes: a longitudinal cohort study. *Diabetologia* 2019;62,759–769.
25. Benjamin Bowe, Yan Xie, Tingting Li, Yan Yan, Hong Xian, Ziyad Al-Aly The 2016 global and national burden of diabetes mellitus attributable to PM<sub>2.5</sub> air pollution. *Lancet Planet Health* 2018; 2: e301–12
26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. 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; 117:100-111.

30. Wu H, Kioumourtzoglou MA, Allan C et al. Association of ambient PM<sub>2.5</sub> exposure with maternal bone strength in pregnant women from Mexico City: a longitudinal cohort study. *Lancet Planet Health*, 2020; 4(11):e530-e537.
31. 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*.
32. 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.
33. Grande G, Ljungman PLS, Eneroth K et al. Association Between Cardiovascular Disease and Long-term Exposure to Air Pollution With the Risk of Dementia. *JAMA Neurol*, 2020; 77(7):801-809.
34. Weuve J, Bennett EE, Ranker L, Gianattasio KZ, Pedde M, Adar SD, Yanosky JD, Power MC. Exposure to Air Pollution in Relation to Risk of Dementia and Related Outcomes: An Updated Systematic Review of the Epidemiological Literature. *Environ Health Perspect*. 2021 Sep;129(9):96001. doi: 10.1289/EHP8716. Epub 2021 Sep 24. PMID: 34558969; PMCID: PMC8462495.
35. Bakolis I, Hammoud R, Stewart R, Beevers S, Dajnak D, MacCrimmon S, Broadbent M, Pritchard M, Shiode N, Fecht D, Gulliver J, Hotopf M, Hatch SL, Mudway IS. Mental health consequences of urban air pollution: prospective population-based longitudinal survey. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. 2021 Sep;56(9):1587-1599. doi: 10.1007/s00127-020-01966-x. Epub 2020 Oct 24. PMID: 33097984; PMCID: PMC7584487.
36. Peters R, Ee N, Peters J, Booth A, Mudway I, Anstey KJ. Air Pollution and Dementia: A Systematic Review. *J Alzheimers Dis*. 2019;70(s1):S145-S163. doi: 10.3233/JAD-180631. PMID: 30775976; PMCID: PMC6700631.
37. Fu P, Yung KKL. Air Pollution and Alzheimer's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Alzheimers Dis*. 2020;77(2):701-714. doi: 10.3233/JAD-200483. PMID: 32741830.
38. Fu P, Guo X, Cheung FMH, Yung KKL. The association between PM<sub>2.5</sub> exposure and neurological disorders: A systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ*. 2019 Mar 10;655:1240-1248. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.218. Epub 2018 Nov 15. PMID: 30577116.
39. Cristaldi A, Fiore M, Oliveri Conti G, Pulvirenti E, Favara C, Grasso A, Copat C, Ferrante M. Possible association between PM<sub>2.5</sub> and neurodegenerative diseases: A systematic review. *Environ Res*. 2022 May 15;208:112581. doi: 10.1016/j.envres.2021.112581. Epub 2021 Dec 31. PMID: 34979121.
40. Newbury JB, Stewart R, Fisher HL, Beevers S, Dajnak D, Broadbent M, Pritchard M, Shiode N, Heslin M, Hammoud R, Hotopf M, Hatch SL, Mudway IS, Bakolis I. Association between air pollution exposure and mental health service use among individuals with first presentations of psychotic and mood disorders: retrospective cohort study. *Br J Psychiatry*. 2021 Dec;219(6):678-685. doi: 10.1192/bjp.2021.119. PMID: 35048872; PMCID: PMC8636613.
41. Xue T, Guan T, Zheng Y, Geng G, Zhang Q, Yao Y, Zhu T. Long-term PM<sub>2.5</sub> exposure and depressive symptoms in China: A quasi-experimental study. *Lancet Reg Health West Pac*. 2020 Dec 13;6:100079. doi: 10.1016/j.lanwpc.2020.100079. PMID: 34327409; PMCID: PMC8315430.
42. Dutheil F, Comptour A, Morlon R, Mermillod M, Pereira B, Baker JS, Charkhabi M, Clinchamps M, Bourdel N. Autism spectrum disorder and air pollution: A systematic review and meta-analysis. *Environ Pollut*. 2021 Jun 1;278:116856. doi: 10.1016/j.envpol.2021.116856. Epub 2021 Mar 2. PMID: 33714060.

43. Imbriani G, Panico A, Grassi T, Idolo A, Serio F, Bagordo F, De Filippis G, De Giorgi D, Antonucci G, Piscitelli P, Colangelo M, Peccarisi L, Tumolo MR, De Masi R, Miani A, De Donno A. Early-Life Exposure to Environmental Air Pollution and Autism Spectrum Disorder: A Review of Available Evidence. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jan 29;18(3):1204. doi: 10.3390/ijerph18031204. PMID: 33572907; PMCID: PMC7908547.
44. International Society for Environmental Epidemiology, ISEE 2017 Conference Old and new risks: challenges for environmental epidemiology, Rome 2017.
45. 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.
46. 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.
47. 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.
48. 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.
49. Dominici F, Wang Y, Correia AW et al. Chemical composition of fine particulate matter and life expectancy. *Epidemiology* 2015; 26:556-564.
50. Chung Y, Dominici F, Wang Y et al. Associations between Long-Term Exposure to Chemical Constituents of Fine Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) and Mortality in Medicare Enrollees in the Eastern United States. *Environ Health Perspect* 2015; 123:467-474.
51. Sarnat S E, Winkler 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.
52. 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.
53. 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.
54. 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.
55. Cadum E, Forastiere F. [EpiAir Project: introduction and reading guide to the articles]. *Epidemiol Prev* 2013; 37(4-5):206-8.
56. 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.
57. Regione Emilia Romagna. Statistica (<https://statistica.regione.emilia-romagna.it/servizi-online/statistica-self-service/popolazione/popolazione-per-eta-e-sesso/>).
58. Manes, F., Blasi, C., Salvatori, E., Capotorti, G., Galante, G., Feoli, E., & Incerti, G. (2012). Natural vegetation and ecosystem services related to air quality improvement: tropospheric ozone removal by evergreen and deciduous forests in latium (Italy). *Annali Di Botanica*, 2, 79–86. <https://doi.org/10.4462/annbotrm-10029>
59. Linee guida per la messa a dimora di specifiche specie arboree per l'assorbimento di biossido di azoto, materiale particolato fine e ozono - Regione Toscana 2021
60. Urban green spaces and health. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2016

61. Yao Y, Lv X, Qiu C, Li J, Wu X, Zhang H, Yue D, Liu K, Eshak ES, Lorenz T, Anstey KJ, Livingston G, Xue T, Zhang J, Wang H, Zeng Y. The effect of China's Clean Air Act on cognitive function in older adults: a population-based, quasi-experimental study. *Lancet Healthy Longev.* 2022 Feb;3(2):e98-e108. doi: 10.1016/S2666-7568(22)00004-6. Epub 2022 Feb 7. PMID: 35224526; PMCID: PMC8881012.
62. Gard Italia, Sottogruppo di lavoro “Ambiente, Clima e Salute” Ministero della Salute Direzione Generale della Prevenzione Sanitaria. Inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici. Elementi per una strategia nazionale di prevenzione. 2020
63. Regione Emilia Romagna, DG Cura del Territorio e Ambiente. Strategia per la mitigazione e l’adattamento della Regione Emilia-Romagna. 2019