

# La qualità dell'aria in Provincia di Modena

## report anno 2019



*"I tetti di Modena" foto di Paola Sandoni*

**Arpae** - Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna

**Servizio Sistemi Ambientali** – Area Prevenzione ambientale – Area Centro

Viale A.Fontanelli n.23 | 41121 Modena | tel 059 433611 fax 059 433658 **PEC aoomo@cert.arpae.emr.it**

**Sede legale** Via Po, 5 | 40139 Bologna | tel 051 6223811 **PEC dirigen@cert.arpae.emr.it** | [www.arpae.emr.it](http://www.arpae.emr.it) | posta P.IVA 04290860370

UNI EN ISO 9001:2015



SISTEMA DI GESTIONE  
QUALITÀ CERTIFICATO

a cura di: Arpae Emilia Romagna - Area Prevenzione Ambientale Centro

Responsabilità scientifica:

Enrica Canossa - resp. Servizio Sistemi Ambientali

Giovanna Rubini – resp. Unità Specialistica Aria/CEM

Carla Barbieri - IF Unita Coordinamento Valutazione qualità dell'aria

Gruppo di lavoro:

Carla Barbieri, Antonella Anceschi, Antonella Sterni e Francesca Novelli

Per l'immagine di copertina si ringrazia Paola Sandoni

# Sommario

<b>Quadro generale</b>	<b>4</b>
<b>L'inventario delle emissioni</b>	<b>6</b>
<b>La rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria</b>	<b>8</b>
La rete regionale di monitoraggio a Modena	9
La rete di monitoraggio a Modena	11
<b>Polveri PM10</b>	<b>13</b>
Processo di generazione	13
Le Emissioni a Modena	13
Limiti di legge	14
Analisi dei dati	14
Trend	18
<b>Particolato PM2,5</b>	<b>21</b>
Processo di generazione	21
Le Emissioni a Modena	21
Limiti di legge	22
Analisi dei dati	22
Trend	25
<b>Metalli Pesanti:</b>	<b>27</b>
Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni), Piombo (Pb)	27
Processo di generazione	27
Analisi dei dati	27
Trend	29
<b>Benzo(a)pirene</b>	<b>32</b>
Processo di generazione	32
Limiti di legge	32
Analisi dati	32
Trend	33
<b>Ozono (O3)</b>	<b>34</b>
Processo di generazione	34
Limiti di legge	34
Analisi dati	34
Trend	37
<b>Biossido di Azoto NO2</b>	<b>41</b>
Processo di generazione	41
Le Emissioni a Modena	41
Limiti di legge	42
Analisi dei dati	42
Trend	47

<b>Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni</b>	<b>49</b>
Processo di generazione	49
Limiti di legge	49
Analisi dati	49
Trend	51
Toluene, Etilbenzene e Xileni	51
<b>Monossido di Carbonio CO</b>	<b>54</b>
Processo di generazione	54
Le Emissioni a Modena	54
Limiti di legge	55
Analisi dati	55
Trend	57
<b>Indice sintetico della Qualità dell'aria (IQA)</b>	<b>59</b>
Che cos'è	59
Analisi dei dati	59
Trend IQA	61
<b>La situazione in sintesi</b>	<b>62</b>
Polveri PM10	62
Polveri PM2,5	62
Metalli	62
Benzo (a) pirene:	63
Ozono O3	63
Biossido di azoto NO2	63
Benzene	64
Monossido di carbonio CO	64
IQA Indice sintetico della qualità dell'aria	64

## Allegato A: la meteorologia in Provincia di Modena report anno 2019

# Quadro generale



La regione Emilia-Romagna occupa la porzione sud orientale della Pianura Padana ed è delimitata dal fiume Po a nord, dal mare Adriatico a est e dalla catena Appenninica a sud. La fascia pianeggiante ha un'altitudine ovunque inferiore ai 100 m, con vaste aree al livello del mare nel settore orientale; le zone montuose sono caratterizzate da numerose piccole valli, che presentano generalmente un andamento parallelo tra loro e perpendicolare alla catena Appenninica.

Nelle regioni che compongono la pianura padana risiedono più di 23 milioni di abitanti (dei quali 4,5 milioni in Emilia-Romagna), corrispondenti circa al 40% del totale della popolazione italiana.

La grande maggioranza della popolazione si concentra nelle aree di pianura, dove la densità abitativa risulta essere tra le più alte d'Europa. Il territorio della pianura padana è quasi completamente antropizzato: lungo le principali vie di comunicazione, città e insediamenti produttivi si susseguono senza soluzione di continuità, mentre il resto del territorio è quasi completamente occupato da agricoltura e allevamento intensivi. La pianura padana contribuisce in maniera significativa alla produzione di ricchezza del Paese (oltre il 50% del PIL nazionale); il suo tessuto produttivo è molto variegato e tende a essere basato su piccole e medie imprese distribuite sul territorio. Questo quadro socio-economico e l'intensità delle attività antropiche che insistono nell'area comportano un'elevata concentrazione di fonti di emissioni di inquinanti. L'urbanizzazione diffusa e il particolare modello di sviluppo economico determinano una grande necessità di mobilità, che si riflette nelle emissioni inquinanti dovute al traffico veicolare e agli impianti di riscaldamento. I processi industriali, pur essendo sottoposti a rigide normative ambientali, comportano l'emissione in atmosfera di una grande varietà di composti chimici. Anche agricoltura e allevamento contribuiscono all'inquinamento atmosferico attraverso l'emissione di rilevanti quantità di ammoniaca e metano, che sono rispettivamente un precursore degli inquinanti secondari e un potente gas serra. L'Emilia-Romagna è profondamente inserita in questo contesto sociale e produttivo. La regione è un elemento centrale del sistema di mobilità nazionale, sia per quel che riguarda la rete autostradale, sia per il trasporto ferroviario; il nodo di Bologna, in particolare, è di primaria importanza, in quanto rappresenta un passaggio quasi obbligato per merci e passeggeri in viaggio tra il nord e il sud dell'Italia. L'Emilia-Romagna assume quindi un ruolo di cerniera ed è interessata da un intenso traffico in transito: questo produce una quota rilevante delle emissioni di

inquinanti, che in gran parte sfugge alle possibilità di gestione delle autorità locali. Le industrie regionali sono prevalentemente di piccole e medie dimensioni e sono spesso raggruppate in distretti produttivi, caratterizzati da un'elevata specializzazione: esempi di questa particolare organizzazione produttiva sono la produzione di ceramiche da arredamento e materiali da costruzione intorno a Modena, l'industria alimentare a Parma, la chimica di base a Ferrara e Ravenna, l'industria energetica a Piacenza e Ravenna. La parte pianeggiante dell'Emilia-Romagna presenta suoli estremamente fertili ed è ampiamente sfruttata per l'agricoltura intensiva. L'allevamento è praticato con processi industriali e si concentra nei poli di Modena e Reggio, per il settore suinicolo, e di Forlì-Cesena, per quello avicolo.

Le condizioni meteorologiche e il clima dell'Emilia-Romagna sono fortemente influenzate dalla conformazione topografica della pianura padana: la presenza di montagne su tre lati rende questa regione una sorta di "catino" naturale, in cui l'aria tende a ristagnare.

Le condizioni meteorologiche influenzano i gas e gli aerosol presenti in atmosfera in molti modi: ne controllano il trasporto, la dispersione e la deposizione al suolo; influenzano le trasformazioni chimiche che li coinvolgono; hanno effetti diretti e indiretti sulla loro formazione. Alcune sostanze possono rimanere in aria per periodi anche molto lunghi, attraversando i confini amministrativi e rendendo difficile distinguere i contributi delle singole sorgenti emissive alle concentrazioni totali.

Ad esempio, nelle condizioni tipicamente estive con bassa ventilazione, intensa radiazione solare e presenza di un campo anticiclonico consolidato, gli strati atmosferici più vicino al suolo, a causa del loro riscaldamento, risultano interessati da fenomeni di rimescolamento e da locali circolazioni d'aria. In tali condizioni, sull'intero territorio di pianura le masse d'aria sono chimicamente omogenee e favorevoli alla dispersione di inquinanti quali  $PM_{10}$  e  $NO_2$ , ma l'elevata radiazione solare favorisce la formazione di ozono, che si presenta a elevate concentrazioni su tutta l'area, con massimi locali dovuti al trasporto a piccola scala determinato dalle brezze.

Nel periodo invernale, la formazione di una vasta area anticiclonica stabile sul Nord Italia favorisce la formazione di condizioni di inversione termica nello strato atmosferico superficiale, in particolare nelle ore notturne.

In queste condizioni, che talvolta persistono per l'intera giornata, la dispersione degli inquinanti immessi in prossimità della superficie è fortemente limitata, determinando la formazione di aree inquinate in prossimità dei principali centri urbani; queste masse d'aria inquinate, rimanendo confinate prevalentemente alle aree urbane, portano alla formazione dei cosiddetti "pennacchi urbani".

Nelle stagioni di transizione, quali primavera e autunno, ma anche nel periodo invernale, sono frequenti le condizioni di tempo perturbato, determinate da condizioni generali di bassa pressione che si vengono a creare sull'area europea e mediterranea. Tra queste va ricordata la formazione di temporali in prossimità delle Alpi, la bora e i forti venti in prossimità del suolo nella parte orientale del bacino. Nei mesi estivi si ha, invece, una minore influenza delle condizioni meteorologiche generali e prendono spesso il sopravvento fenomeni locali, quali i temporali, che si presentano con intensità diversa nelle varie zone del bacino padano adriatico. Tutte queste situazioni di tempo perturbato determinano, in generale, condizioni meteorologiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

# L'inventario delle emissioni

Per comprendere il fenomeno dell'inquinamento atmosferico risulta fondamentale conoscere il carico emissivo degli inquinanti provenienti dalle diverse attività umane.

La stima quantitativa delle sostanze emesse dalle varie sorgenti, relativa dunque ai soli inquinanti di origine primaria, è realizzata utilizzando fattori di emissione medi e indicatori di attività integrati. Tali informazioni sono raccolte negli inventari delle emissioni, ovvero serie organizzate di dati relativi alla quantità di inquinanti introdotta in atmosfera da ciascuna fonte di emissione.

La metodologia di riferimento implementata dell'inventario regionale INEMAR è quella EMEP-CORINAIR contenuta nel documento [“EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013”](#).

La classificazione delle emissioni secondo tale metodologia prevede l'impiego della codifica **SNAP** (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution) e lo svolgimento delle stime in funzione di essa; le attività antropiche e naturali che possono dare origine ad emissioni in atmosfera sono ripartite in **11 macrosettori**:

1. MS1 - Produzione di energia e trasformazione di combustibili: comprende le emissioni associate alla produzione di energia su ampia scala mediante processi di combustione controllata in caldaie, turbine a gas e motori stazionari.
2. MS2 - Combustione non industriale: comprende le emissioni associate ai processi di combustione non di tipo industriale e principalmente finalizzati alla produzione di calore (riscaldamento).
3. MS3 - Combustione industriale: comprende le emissioni associate ai processi di combustione per la produzione in loco di energia necessaria all'attività industriale.
4. MS4 - Processi Produttivi: comprende le emissioni associate dai processi industriali non legati alla combustione
5. MS5 - Estrazione e distribuzione di combustibili: comprende le emissioni dovute ai processi di produzione, distribuzione, stoccaggio di combustibile solido, liquido e gassoso e riguarda sia le attività sul territorio che quelle off-shore.
6. MS6 - Uso di solventi: comprende le emissioni prodotte dalle attività che prevedono l'utilizzo di prodotti contenenti solventi o la loro produzione.
7. MS7 - Trasporto su strada: include tutte le emissioni dovute alle automobili, ai veicoli commerciali leggeri e pesanti, ai motocicli, ciclomotori e agli altri mezzi di trasporto su gomma, comprendendo sia le emissioni dovute allo scarico sia quelle da usura dei freni, delle ruote e della strada
8. MS8 - Altre sorgenti mobili e macchinari: comprende le emissioni prodotte dal traffico aereo, marittimo, fluviale, ferroviario e dai mezzi a motore non transitanti sulla rete stradale
9. MS9 - Trattamento e smaltimento rifiuti: comprende le emissioni provenienti dalle attività di trattamento e smaltimento dei rifiuti
10. Agricoltura e allevamenti: il macrosettore 10 comprende le emissioni prodotte da tutte le pratiche agricole quali coltivazioni e allevamenti.
11. Altre sorgenti e assorbimenti: il macrosettore 11 comprende le emissioni generate dall'attività fitologica di piante, arbusti ed erba, da fulmini, emissioni spontanee di gas, emissioni dal suolo e da vulcani, da combustione naturale e dalle attività antropiche quali foreste gestite e combustione dolosa di boschi.

L'aggiornamento più recente dell'**inventario regionale delle emissioni in atmosfera** è relativo all'anno **2015**, l'intera pubblicazione è scaricabile all'indirizzo [https://www.arpae.it/dettaglio\\_generale.asp?id=3056&idlivello=1691](https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=3056&idlivello=1691)

Dall'inventario regionale è possibile desumere le emissioni della provincia di Modena.

Macrosettori		Polveri PM10 (t/anno)	Polveri PM2.5 (t/anno)	Ossidi di azoto NOx (t/anno)	Monossido di carbonio CO (t/anno)	Composti Organici Volatili COV (t/anno)	Biossido di zolfo SO2 (t/anno)	Metano CH4 (t/anno)	Ammoniaca NH3 (t/anno)	Protossido di azoto N2O (t/anno)	Anidride carbonica CO2 (t/anno)
MS1	Produzione Energia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MS2	Combustione non industriale	932	922	940	7868	1074	34	622	18	47	1204
MS3	Combustione industriale	158	145	3110	974	143	4003	88	8	96	2220
MS4	Processi Industriali	180	83	6	5	273	2	0	10	0	0
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0	0	383	0	3631	0	0	0
MS6	Uso di solventi	59	50	2	0	4853	1	0	1	0	0
MS7	Trasporto su strada	437	329	5307	8513	2616	9	158	71	50	1686
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	49	49	979	339	100	3	2	0	4	88
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti	1	1	93	34	8	2	1954	31	5	37
MS10	Agricoltura	41	15	45	0	4829	0	12636	6845	816	0
MS11	Altre sorgenti e assorbimenti	0	0	0	0	3543	0	0	0	0	-510

- inquinamento diretto da **polveri**: il maggiore contributo è dovuto alla combustione non industriale (MS2) e al trasporto su strada (MS7), seguiti dalle attività produttive (MS3); per il **PM<sub>10</sub>** è preponderante l'apporto delle attività di combustione di biomasse legnose, dei mezzi di trasporto ad alimentazione diesel, oltre ad usura di freni e pneumatici e abrasione del manto stradale prodotti da tutti i mezzi di trasporto
- **ossidi di azoto (NOx)**, precursori della formazione di particolato e di ozono: la fonte principale è il trasporto su strada (MS7) seguito dalla combustione nell'industria (MS3), dal trasporto non su strada (MS8) e dalla combustione non industriale (MS2)
- **monossido di carbonio (CO)**: le fonti principali sono i trasporti su strada (MS7) e la combustione non industriale (MS2)
- **composti organici volatili non metanici COVNM**, precursori, assieme agli ossidi di azoto, di particolato secondario e ozono: derivano soprattutto dall'utilizzo di solventi nel settore industriale e civile (MS6); significativa risulta anche la produzione di **COVNM di origine biogenica** da specie agricole e vegetazione (MS10 e MS11)
- **biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)**, importante precursore della formazione di particolato secondario, anche a basse concentrazioni: prodotto principalmente da combustione nell'industria (MS3)
- **metano (CH<sub>4</sub>)**, gas serra: deriva principalmente dalla zootecnia (MS10), dal trattamento dei rifiuti (MS9) e dalla distribuzione del metano stesso e sue emissioni fuggitive (MS5).
- **ammoniaca (NH<sub>3</sub>)**, composto precursore anch'esso di particolato secondario: deriva quasi completamente da pratiche agricole e zootecnia (MS10)
- **protossido di azoto (N<sub>2</sub>O)**, gas serra: è quasi interamente dovuto a coltivazioni e allevamenti (MS10)
- **anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)**, gas serra: prodotta da processi di combustione industriale (MS3), dai trasporti stradali (MS7) e dalla combustione non industriale (MS2)

Nei capitoli dedicati agli inquinanti rilevati dalla Rete Regionale di Qualità dell'Aria verranno riportati i quantitativi in t/anno emessi da ciascun Macrosettore sull'intera Provincia, nel Comune di Modena e nelle aree appartenenti alla

provincia ma inserite nelle zone denominate “Pianura Ovest” (Comuni della Pianura) e “Zona B” (Comuni della Montagna), al fine di evidenziare le fonti principali di inquinamento ed eventuali differenze tra le due aree della zonizzazione regionale.

# La rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria

La valutazione delle qualità dell'aria in Emilia-Romagna viene attuata secondo un programma approvato dalla Giunta regionale con Deliberazione n. 2001/2011 avente per oggetto "il recepimento del Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa - approvazione della nuova zonizzazione e della nuova configurazione della rete di rilevamento e indirizzi per la gestione della qualità dell'aria."

Il territorio regionale è stato suddiviso in aree omogenee:

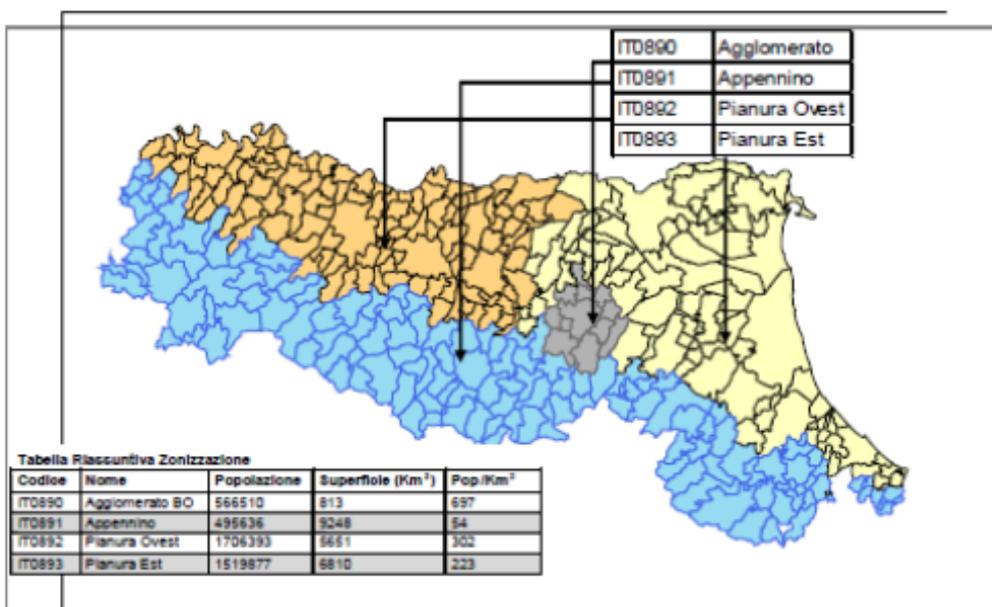
**AGGLOMERATO DI BOLOGNA** - zona costituita da un insieme di aree urbane avente una popolazione inferiore a 250000 abitanti, ma con una densità di popolazione per Km<sup>2</sup> superiore a 3000 abitanti.

**PIANURA OVEST** - porzione di territorio con caratteristiche meteo climatiche simili dove è elevato il rischio di superamento dei limiti di legge per alcuni parametri.

**PIANURA EST** - porzione di territorio con caratteristiche meteo climatiche simili dove è elevato il rischio di superamento dei limiti di legge per alcuni parametri.

**APPENNINO** - porzione di territorio dove i valori della qualità dell'aria sono inferiori ai parametri di legge

La zonizzazione definisce le unità territoriali sulle quali viene eseguita la valutazione della qualità dell'aria e alle quali si applicano le misure gestionali.



La rete regionale della qualità dell'aria (RRQA) dal primo gennaio 2013 è composta da 47 punti di misura in siti fissi e 176 analizzatori automatici. La rete è completata da 10 laboratori mobili e numerose unità mobili per la realizzazione di campagne di valutazione e dalla rete meteorologica RIRER, di cui 10 stazioni per la meteorologia urbana (MetUrb).

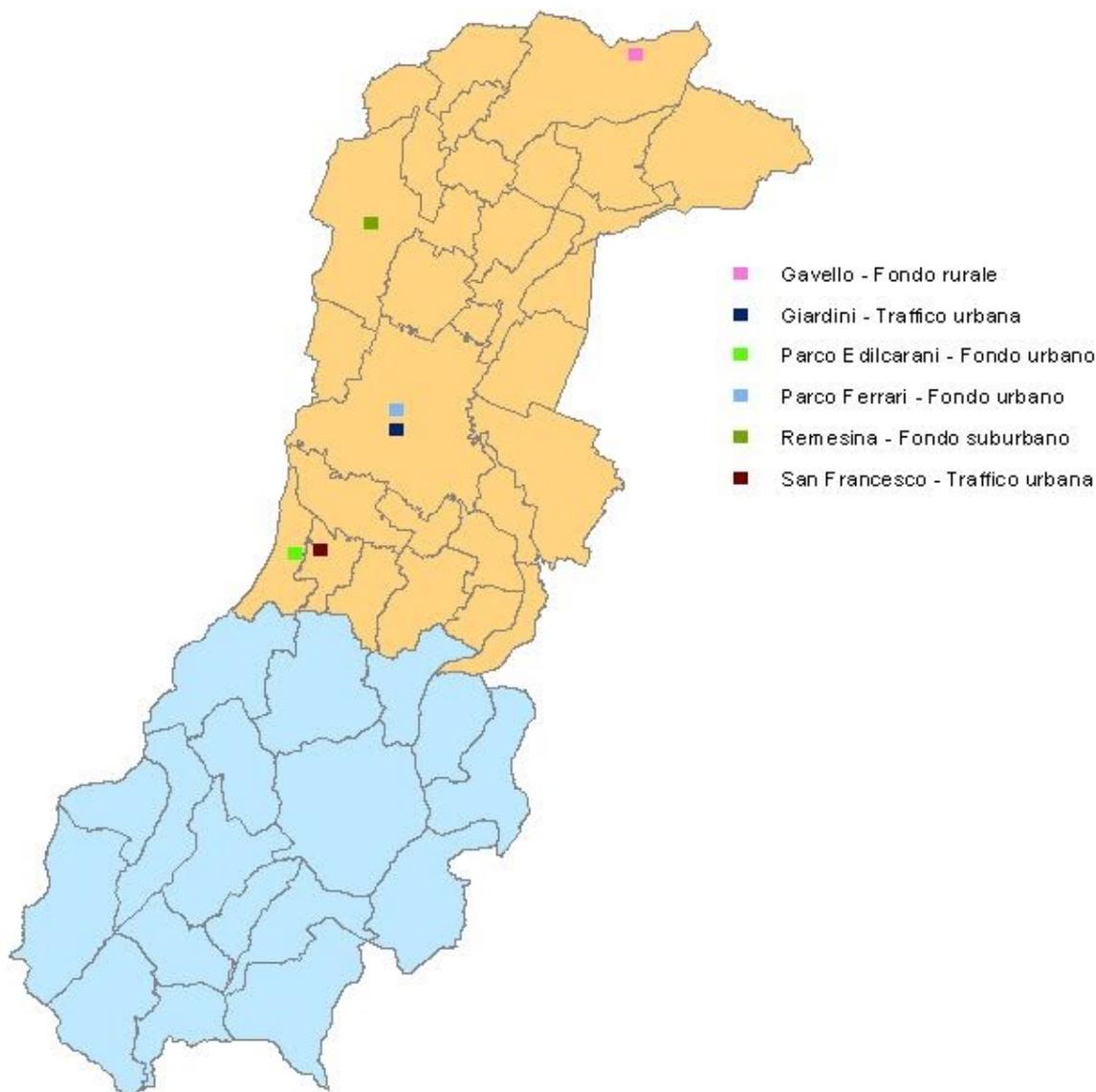
La rete della qualità dell'aria ha ottenuto nel 2005 la certificazione UNI EN ISO 9001. Il sistema di controllo qualità, attraverso una sistematica azione di documentazione delle procedure, controllo e verifica, garantisce il mantenimento degli standard stabiliti dalla certificazione.

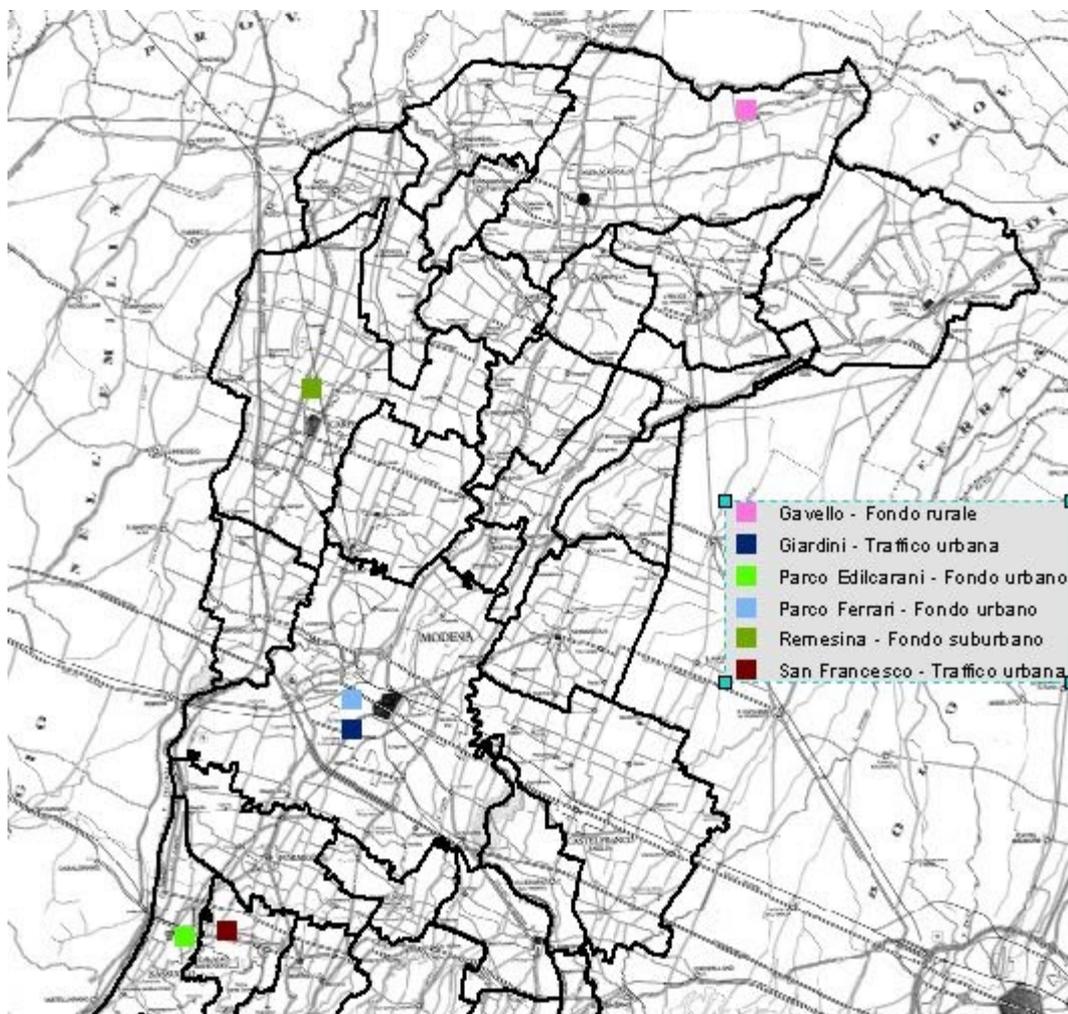
Gli inquinanti monitorati variano da stazione a stazione in dipendenza dalle caratteristiche di diffusione e dinamica chimico-fisica dell'inquinamento, della distribuzione delle sorgenti di emissione e delle caratteristiche del territorio. Si va dai 47 punti di misura per l'NO<sub>2</sub> ai 43 punti di misura per il PM<sub>10</sub>, mentre vengono progressivamente ridotti gli analizzatori che monitorano inquinanti la cui concentrazione è ormai al di sotto del limite di rilevabilità strumentale (esempio SO<sub>2</sub>) o ampiamente al di sotto dei valori limite (esempio CO). D'altra parte aumenta la distribuzione territoriale dei punti di misura che oggi vanno a coprire anche zone di fondo rurale e remoto, dato che le caratteristiche degli inquinanti si sono progressivamente modificate. Oggi le

forme più significative di inquinamento sono dovute a inquinanti secondari (come ozono e polveri fini e ultrafini), che tendono a interessare tutto il territorio e non solo le aree industriali e urbane immediatamente prossime ai punti di emissione.

## La rete regionale di monitoraggio a Modena

Zona Ovest	Bastiglia , Bomporto, Campogalliano, Camposanto, Carpi, Castelfranco Emilia, Castelnuovo Rangone, Castelvetro di Modena, Cavezzo, Concordia sulla Secchia, Finale Emilia, Fiorano Modenese, Formigine, Maranello, Medolla, Mirandola, Modena, Nonantola, Novi di Modena, Ravarino, San Cesario sul Panaro, San Felice sul Panaro, San Possidonio, San Prospero, Sassuolo, Savignano sul Panaro, Soliera, Spilamberto, Vignola
Appennino	Fanano, Fiumalbo, Frassinoro, Guiglia, Lama Mocogno, Marano sul Panaro, Montecreto, Montefiorino, Montese, Palagano, Pavullo nel Frignano, Pievepelago, Polinago, Prignano sulla Secchia, Riolunato, Serramazzoni, Sestola, Zocca





STAZIONI DELLA RETE REGIONALE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA		
<b>Stazione: GIARDINI</b> -  traffico (30000 veicoli/gg) Ubicazione: Via Giardini 543 - Modena Anno attivazione 1990 Inquinanti monitorati: NOx, CO, BTX, PM <sub>10</sub>	<b>Stazione: GAVELLO</b> -  fondo rurale Ubicazione: Via Gazzi - loc. Gavello - Mirandola Anno attivazione 2008 Inquinanti monitorati: NOx, O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub>	
<b>Stazione: PARCO FERRARI</b> -   fondo urbano Ubicazione: Parco Ferrari - Modena Anno attivazione 2005 Inquinanti monitorati: NOx, O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , Meteo	<b>Stazione: SAN FRANCESCO</b> -  traffico (26000 veicoli/gg) Ubicazione: Circ. San Francesco - Fiorano Modenese Anno attivazione 2007 Inquinanti monitorati: NOx, CO, BTX, PM <sub>10</sub>	
<b>Stazione: REMESINA</b> -   fondo suburbano Ubicazione: Via Remesina - Carpi Anno attivazione 1997 Inquinanti monitorati: NOx, O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub>	<b>Stazione: PARCO EDILCARANI</b> -   fondo urbano Ubicazione: Parco Edilcarani - Sassuolo Anno attivazione 2010 Inquinanti monitorati: NOx, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , O <sub>3</sub>	
Tipo di Zona:  Urbana  Suburbana  Rurale Tipo di stazione:  Traffico  Fondo  Industriale		

## La rete locale di monitoraggio a Modena

Le stazioni locali sono state collocate sul territorio con l'obiettivo di valutare eventuali impatti sulla qualità dell'aria prodotti, nelle aree circostanti, da specifiche fonti di emissione come impianti industriali ed altre infrastrutture. A Modena l'obiettivo è quello di monitorare le ricadute dell'Impianto di Termovalorizzazione di Via Cavazza

L'Autorizzazione Integrata Ambientale Det. N.5356 del 09/10/2017 e ss. mm. ii. dell'impianto di termovalorizzazione (inceneritore) rifiuti di Modena, prevede un monitoraggio ambientale nelle aree circostanti l'impianto con campionamenti ed analisi di aria, deposizioni e suolo.

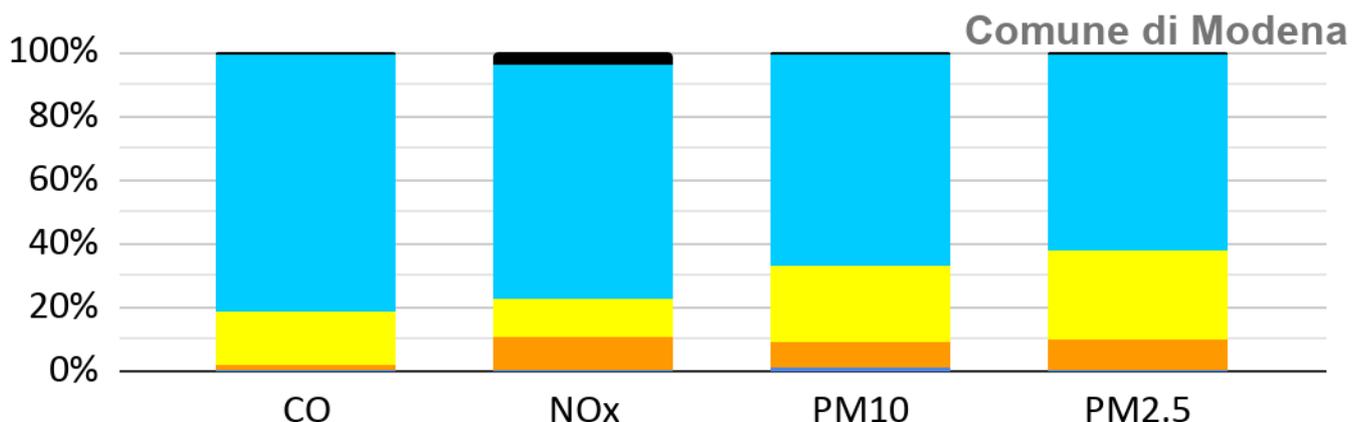
Tale attività ha lo scopo di valutare la situazione ambientale prima e dopo l'adeguamento funzionale dell'impianto per seguirne l'evoluzione: ante operam 2005-2009, fase intermedia 2009-2013, post operam 2013-2015. In questo momento ci troviamo nella fase successiva al post operam.

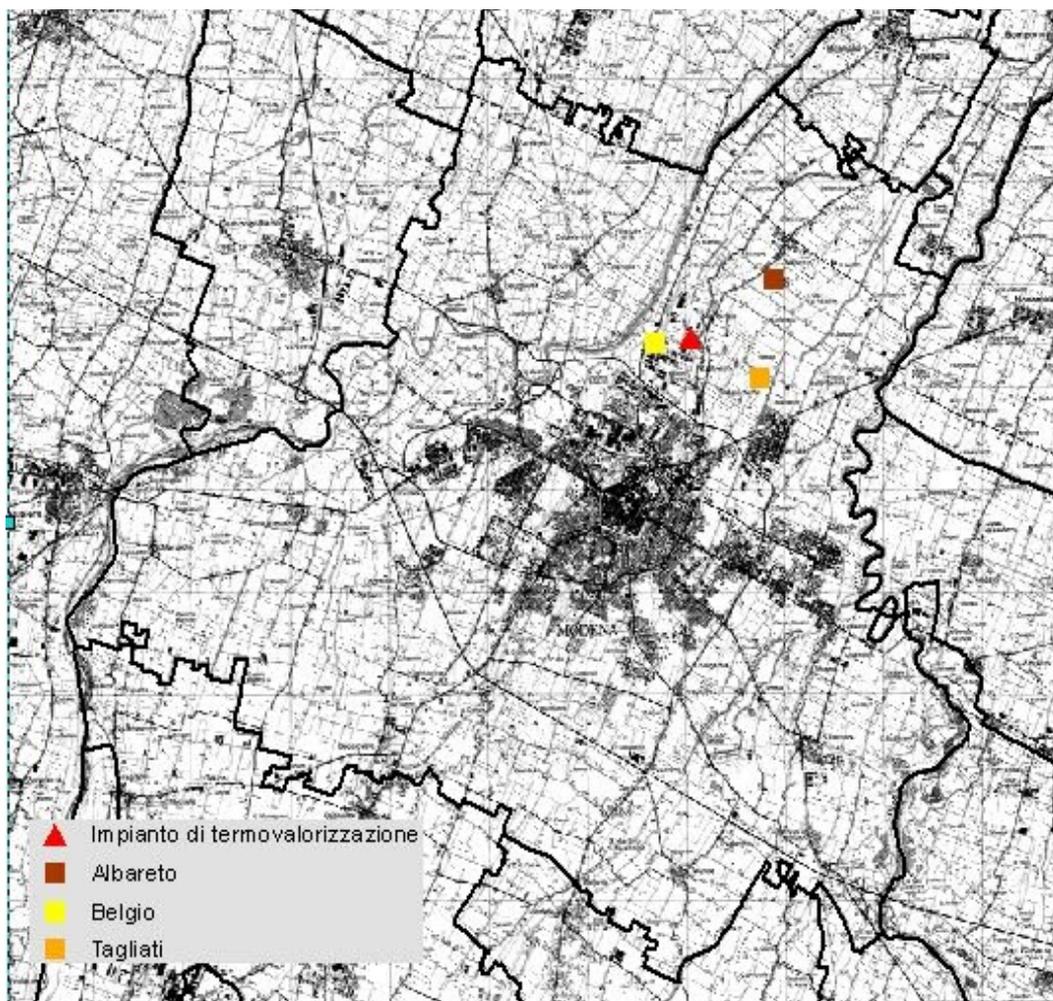
Il monitoraggio ambientale prevede, su più postazioni individuate sulla base delle possibili ricadute emissive, misurazioni in continuo che vengono eseguite presso le stazioni locali di Albareto, Tagliati e Belgio.

Se si considerano gli inquinanti monitorati in continuo dalle stazioni fisse e locali, e si analizzano le emissioni dei vari macrosettori ( Inventario Inemar 2015) si può desumere che l'inceneritore ha un impatto per il CO pari al 0,3% rispetto alle emissioni che insistono sul territorio del Comune di Modena, del 4% per gli ossidi di azoto, dello 0,7% per PM10 e 0,8 per PM2.5.



Comune Modena	Emissioni totali t/anno			
	CO	NOx	PM10	PM2.5
Riscaldamento civile (MS2)	548	216	52	51
Industria (MS3+MS4)	62	192	18	17
Traffico (MS7+MS8)	2607	1338	145	112
altro (MS1+MS5+MS10)	1,4	4,8	2,4	0,7
Inceneritore	9,0	73	1,4	1,4
<b>Rapporto %</b>	<b>0,3</b>	<b>4,0</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>





STAZIONI DELLA RETE LOCALE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA		
<b>**Stazione locale - ALBARETO</b> 🏠 ⚙️ Ubicazione: Via Battaglia - Modena Anno attivazione 2005 Inquinanti monitorati: NOx, PM <sub>10</sub> , Meteo	■	<b>**Stazione locale - BELGIO</b> 🏠 ⚙️ Ubicazione: Via Belgio Anno attivazione 2013 Inquinanti monitorati: NOx, PM <sub>10</sub>
<b>**Stazione locale - TAGLIATI</b> 🏠 ⚙️ Ubicazione: Via Tagliati - Modena Anno attivazione 2005 Inquinanti monitorati: NOx, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>		■
Tipo di Zona: 🏢 Urbana 🏠 Suburbana 🌳 Rurale Tipo di stazione: 🚗 Traffico 🌿 Fondo ⚙️ Industriale		

# La qualità dell'aria a Modena

In seguito viene presentata la qualità dell'aria a Modena, documentata attraverso l'utilizzo di serie pluriennali di dati, considerando sia lo stato di qualità dell'aria, in quanto tale, che le pressioni esercitate dall'uomo su tale matrice.

Gli inquinanti che verranno descritti nei capitoli successivi sono quelli indicati nel DL 155 del 2010, polveri PM10 e PM2.5, i metalli (nichel, arsenico, cadmio e piombo), benzo-a- pirene, ozono, biossido di azoto, benzene, monossido di azoto.

L'analisi di ciascun inquinante prevede la presentazione tabellare dei dati, la rappresentazione tramite grafici box-plot, poi il confronto con i valori limite, l'andamento delle medie mensili, dei dati giornalieri, la settimana tipica e il giorno tipico (solo per gli inquinanti che hanno dati orari).

L'analisi grafica dei dati degli inquinanti verrà presentata separando le due reti, rete regionale e rete locale; per valutare meglio i livelli delle concentrazioni misurate presso le stazioni locali, ai grafici contenenti i dati di Albareto, Belgio e Tagliati, sono stati aggiunti quelli della stazione di Parco Ferrari, la stazione di fondo urbano di Modena, situata a circa 4 km a sud-sud-ovest dal termovalorizzatore, in una zona che, sulla base delle stime modellistiche di ricaduta, non risulta influenzata direttamente dalle emissioni dell'impianto.

# Polveri PM10

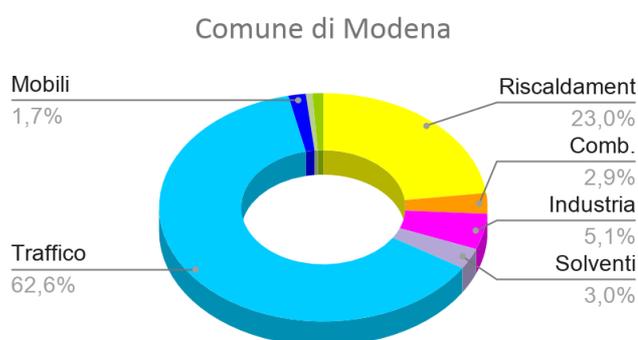
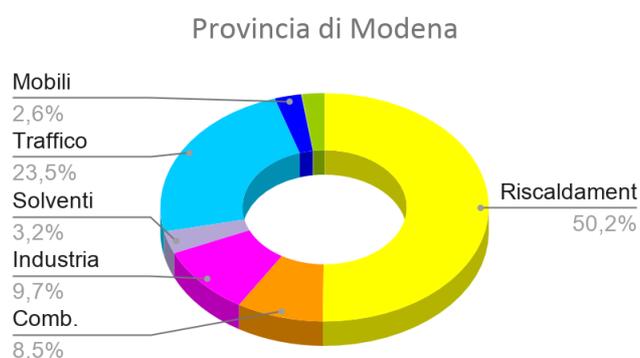
Il materiale particolato aerodisperso è un insieme eterogeneo di sostanze di diversa natura, particelle solide e liquide sospese in aria ambiente. È pertanto caratterizzato da una grande varietà di caratteristiche fisiche, chimiche, geometriche e morfologiche. Il termine PM10 identifica le particelle di diametro aerodinamico uguale o inferiore ai 10 µm. Con PM2,5 si intende invece la frazione fine del particolato con particelle aventi diametro aerodinamico uguale o inferiore a 2,5 µm.

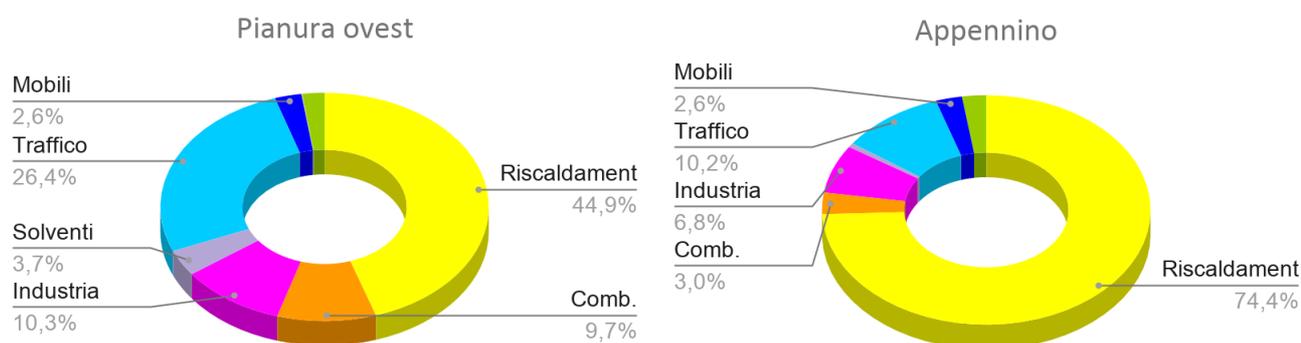
## Processo di generazione

Solo una parte dell'inquinamento da polveri è di origine primaria, ossia dovuta ai soli processi di trasporto e diffusione di polveri direttamente emesse dalle varie sorgenti inquinanti, mentre la parte più consistente (circa il 70%) è di origine secondaria, ovvero dovuta ai processi chimico-fisici che avvengono in atmosfera a partire dai precursori (NH3, NOx, SO2, COV) emessi da trasporti, agricoltura e dal comparto industriale (Quadro conoscitivo Piano Aria Integrato Regionale 2020).

## Le Emissioni a Modena

Macrosettori		Emissioni di PM10 (t/anno) in Provincia di Modena			
		Provincia	Comune di Modena	Zona di pianura	Appennino
MS1	Produzione Energia e trasformazione di combustibili	0	0	0	0
MS2	Combustione non industriale	932	52	686	246
MS3	Combustione industriale	158	7	148	10
MS4	Processi Industriali	180	11	157	22
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0	0
MS6	Uso di solventi	59	7	57	2
MS7	Trasporto su strada	437	141	403	34
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	49	4	40	9
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti	1	1	1	0
MS10	Agricoltura	41	2	33	8
totale		1.857	226	1.527	330
%			12,1%	82,2%	17,8%





Il contributo del Comune di Modena sulle emissioni totali di polveri PM<sub>10</sub> della Provincia è del 12%, mentre tutta la zona di pianura ha un impatto dell'82% e la zona B (appennino) contribuisce solo per il 18%.

Se analizziamo le emissioni dei vari macrosettori, possiamo desumere che la fonte principale di polveri PM<sub>10</sub> è il Riscaldamento MS2 (Provincia di Modena 50%, Comune Modena 23%, Pianura Ovest 45% e Appennino 74%), seguito dal Traffico MS7 e MS8 (Provincia di Modena 24%, Comune di Modena 63%, Pianura Ovest 26% e Appennino 10%) e dai processi industriali MS3 e MS4 (Provincia di Modena 18%, Comune di Modena 8%, Pianura Ovest 20% e Zona B 10%).

## Limiti di legge

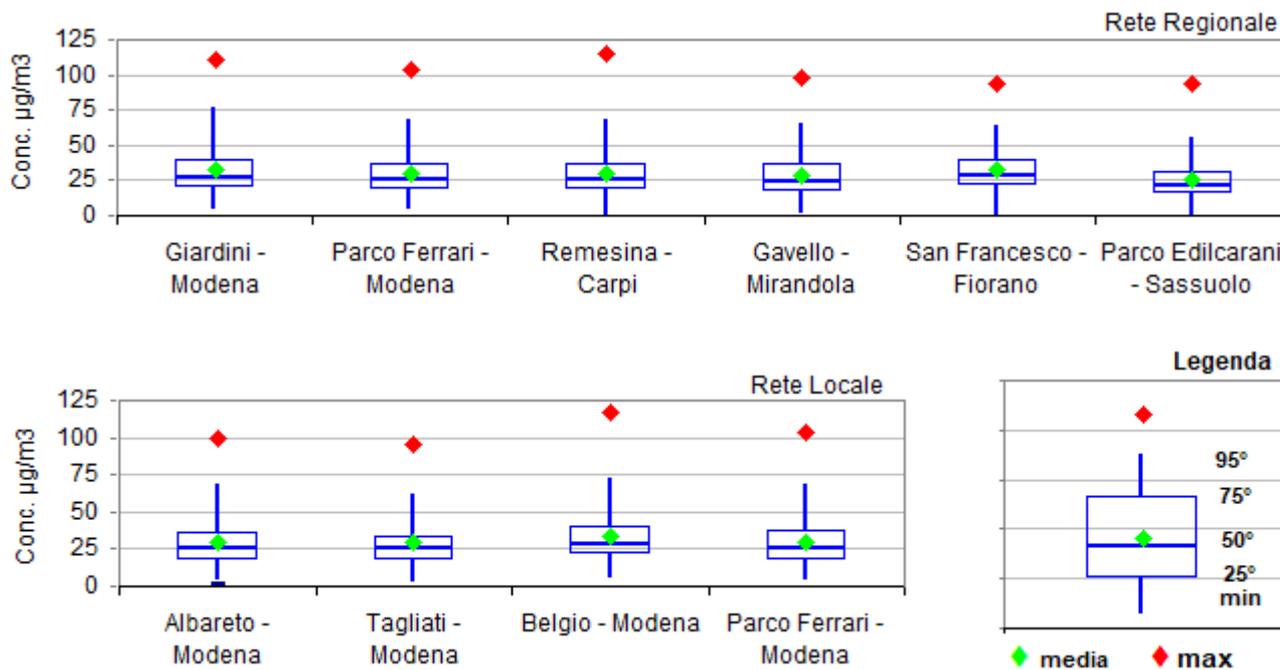
D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Valore Limite giornaliero (da non superare più di 35 volte/anno)	media giornaliera	50 µg/m <sup>3</sup>
Valore Limite annuale	media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>

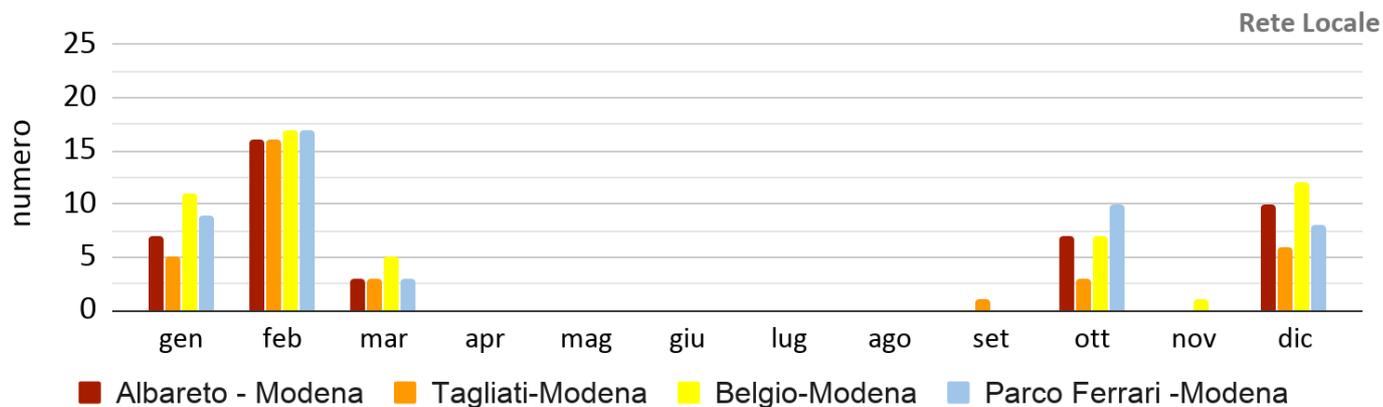
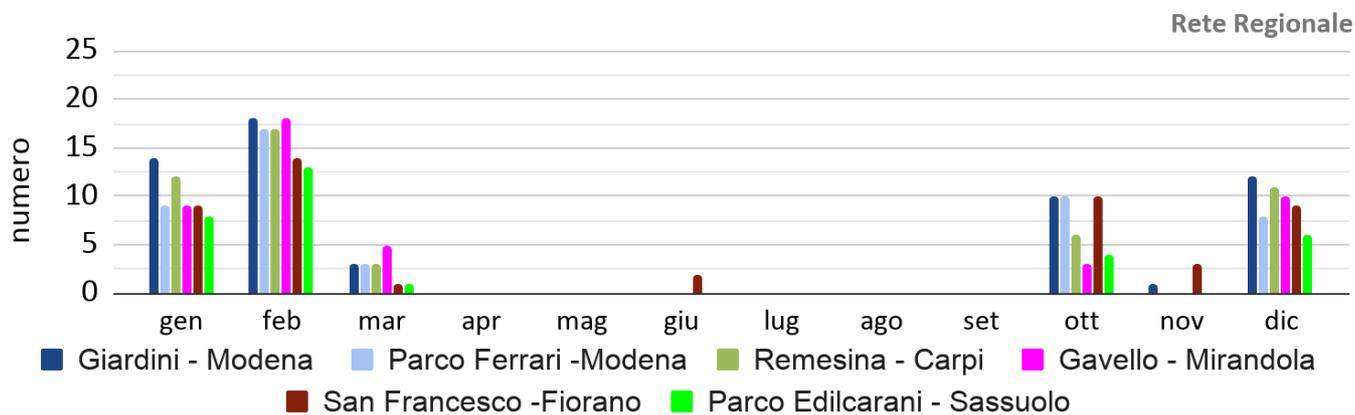
## Analisi dei dati

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni (µg/m <sup>3</sup> )											Media Annuale	N°Sup
				Dati Validi (%)	Min	Max	25°	50°	75°	90°	95°	98°				
Modena	Giardini		99	6	111	20	27	40	62	76	86	33	58			
	Parco Ferrari		100	5	104	18	25	37	55	68	80	30	47			
Carpi	Remesina		98	2	115	18	25	37	57	68	80	30	49			
Mirandola	Gavello		98	3	98	17	24	37	58	66	79	29	45			
Modena	Fiorano	San Francesco		98	2	94	22	29	40	57	64	75	33	48		
	Sassuolo	Parco Edilcarani		99	2	94	15	21	31	47	56	65	25	32		
Modena	**Albareto		98	5	100	18	25	37	54	69	77	30	43			
Modena	**Tagliati		98	4	96	18	25	34	50	62	71	29	34			
Modena	**Belgio		99	7	117	21	28	40	59	73	85	33	53			

\*\*Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

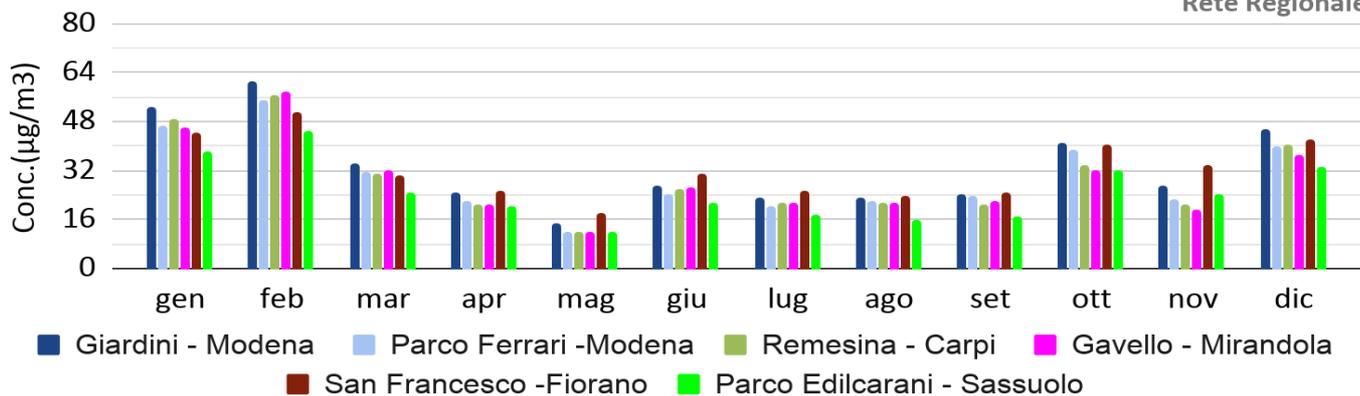


Superamenti del Valore Limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>

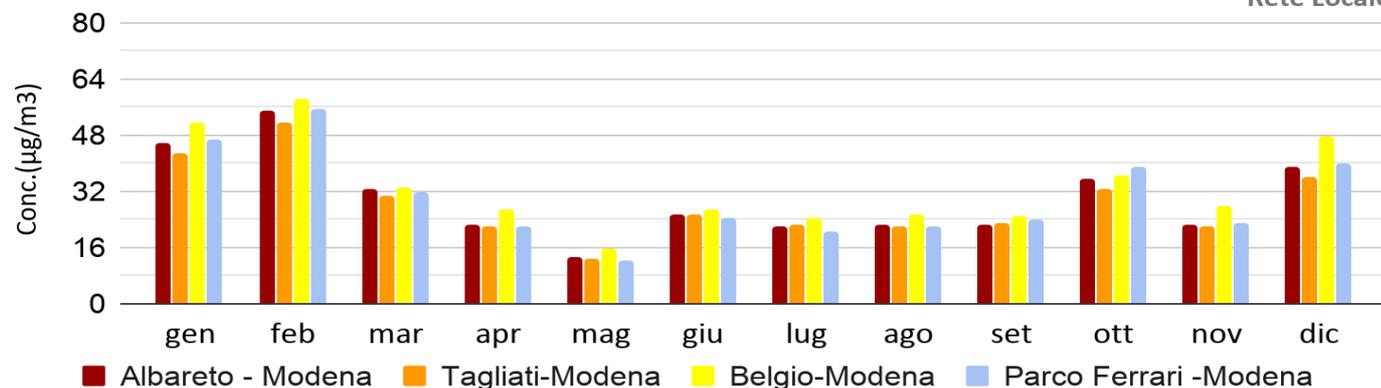


## Andamento medie mensili

Rete Regionale

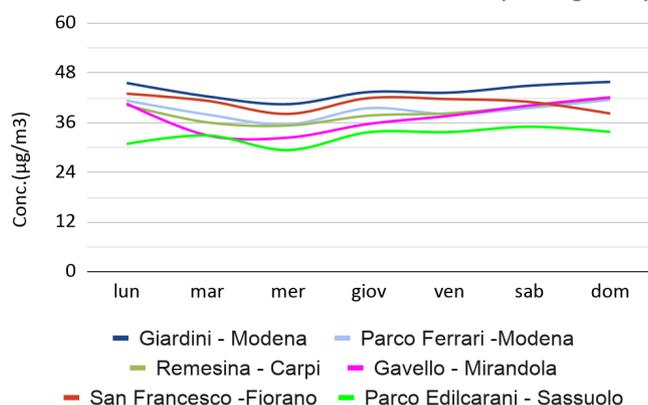


Rete Locale

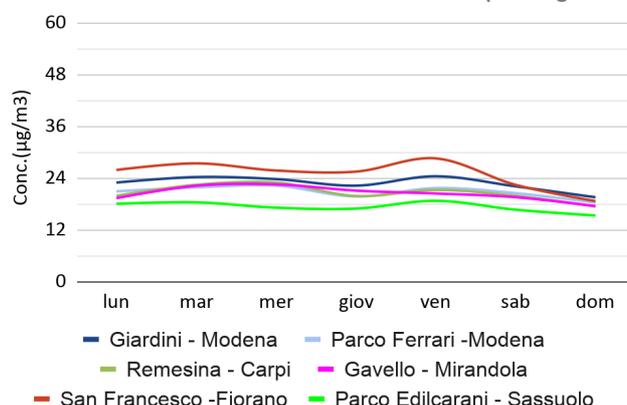


## Settimana tipo

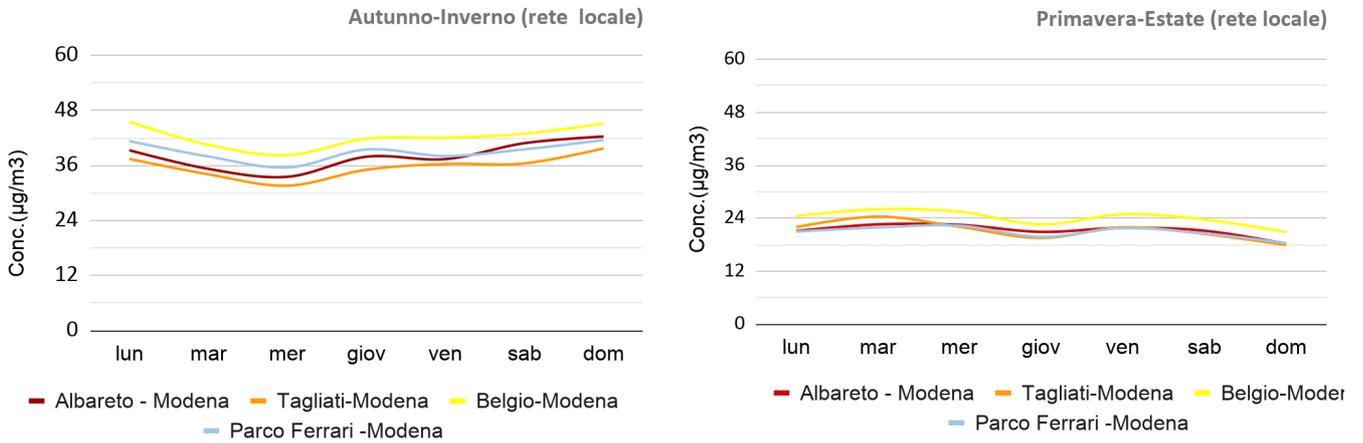
Autunno-Inverno (rete regionale)



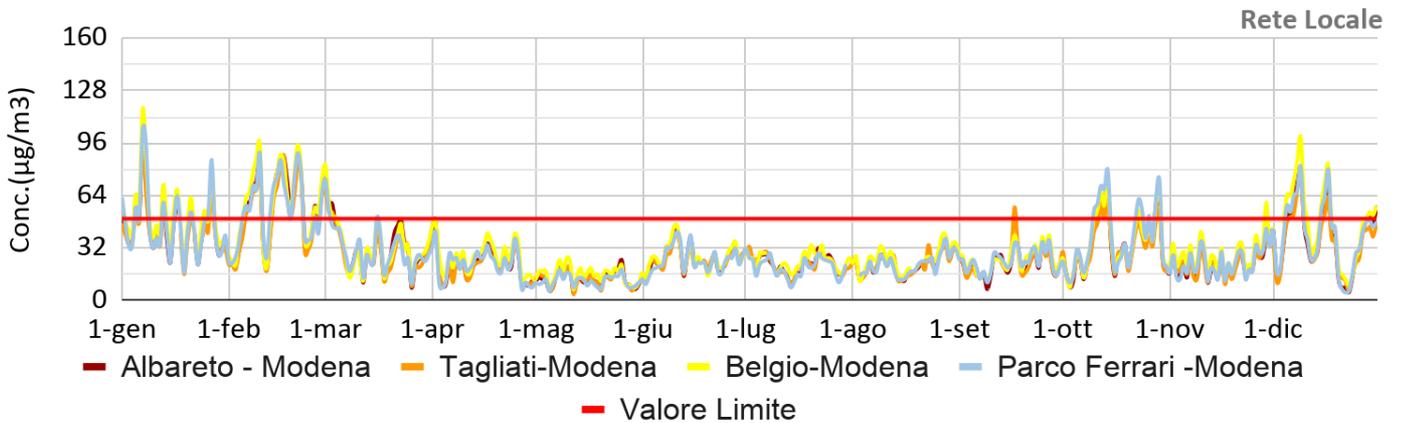
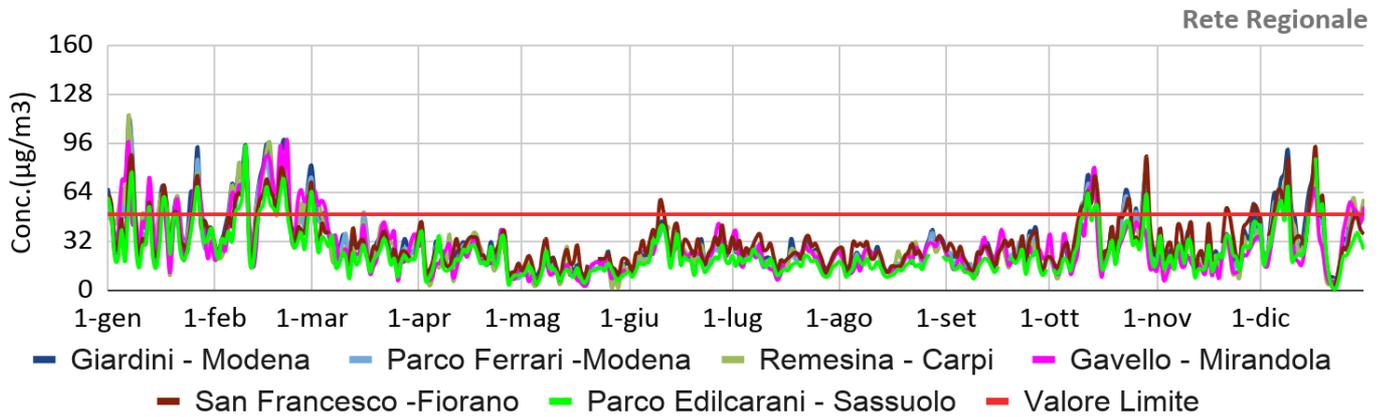
Primavera-Estate (rete regionale)

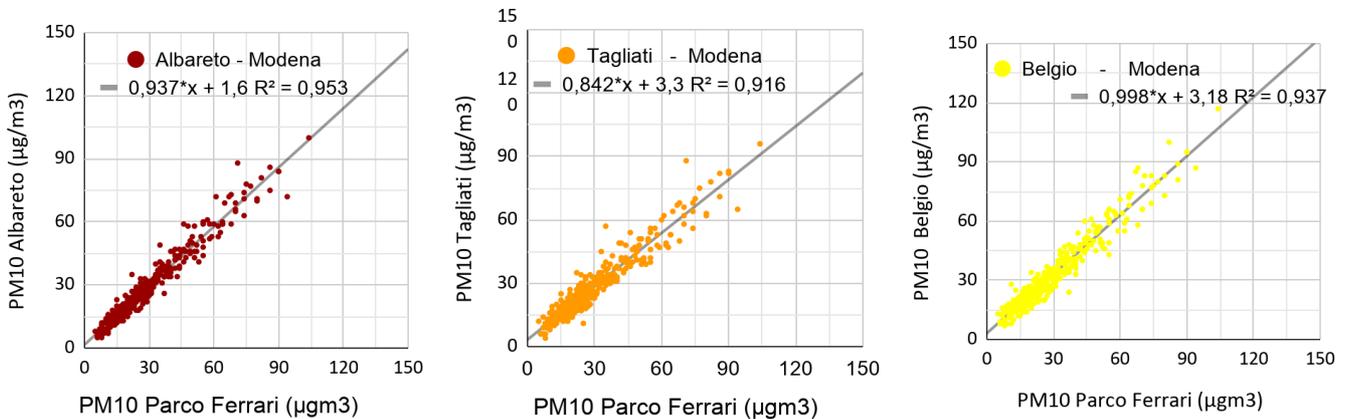


Polveri PM10



Dati Giornalieri





Dall'esame dei grafici precedentemente riportati emerge che i mesi maggiormente critici, sia per le stazioni della RRQA che per le Stazioni Locali, sono quelli invernali caratterizzati da elevata stabilità atmosferica, spesso inversione termica in quota, e da scarsa ventilazione: in questa situazione meteorologica, si crea nei livelli atmosferici più bassi, un unico strato di inquinamento diffuso e uniforme, dove la dispersione degli inquinanti emessi è fortemente limitata. Questo può determinare un marcato aumento delle concentrazioni che possono raggiungere valori molto elevati, anche a causa della formazione di particolato secondario per la trasformazione chimico-fisica degli inquinanti primari.

Nel 2019 le concentrazioni più alte di polveri PM10 sono state misurate nei primi due mesi dell'anno: a gennaio la media delle stazioni della della RRQA è stata di 46 µg/m<sup>3</sup> e quella delle stazioni locali è stata di 47 µg/m<sup>3</sup>, a febbraio entrambi i gruppi di stazioni hanno misurato 55 µg/m<sup>3</sup>.

Nella stagione invernale sono inoltre concentrati i superamenti del Valore Limite Giornaliero fissato a 50µg/m<sup>3</sup>; in particolare, nel mese di febbraio, le stazioni peggiori della Rete Regionale sono risultate essere Giardini e Gavello con 18 superamenti mentre per le Stazioni Locali è da segnalare Belgio con 17 superamenti.

Se confrontiamo i dati misurati nella zona pedecollinare con quelli della zona di pianura, si può notare che quest'ultima presenta maggiori criticità rispetto a quella a sud; in particolare, nella stazione da traffico di Giardini sono stati registrati 58 giorni di superamento, contro i 48 giorni di San Francesco.

La settimana tipo nel periodo invernale mostra una lieve diminuzione dal lunedì al mercoledì, per poi ritornare ai valori di lunedì a fine settimana.

Se si confrontano i dati delle stazioni della rete locale con quelli della stazione di fondo urbano di Parco Ferrari, si osserva una marcata correlazione con coefficienti R<sup>2</sup> superiori a 0,9 e livelli di concentrazione molto simili. Anche gli andamenti temporali e gli indicatori statistici rappresentati nei box plots non mostrano scostamenti significativi.

Tutte le stazioni presentano una media annuale inferiore al Valore Limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>.

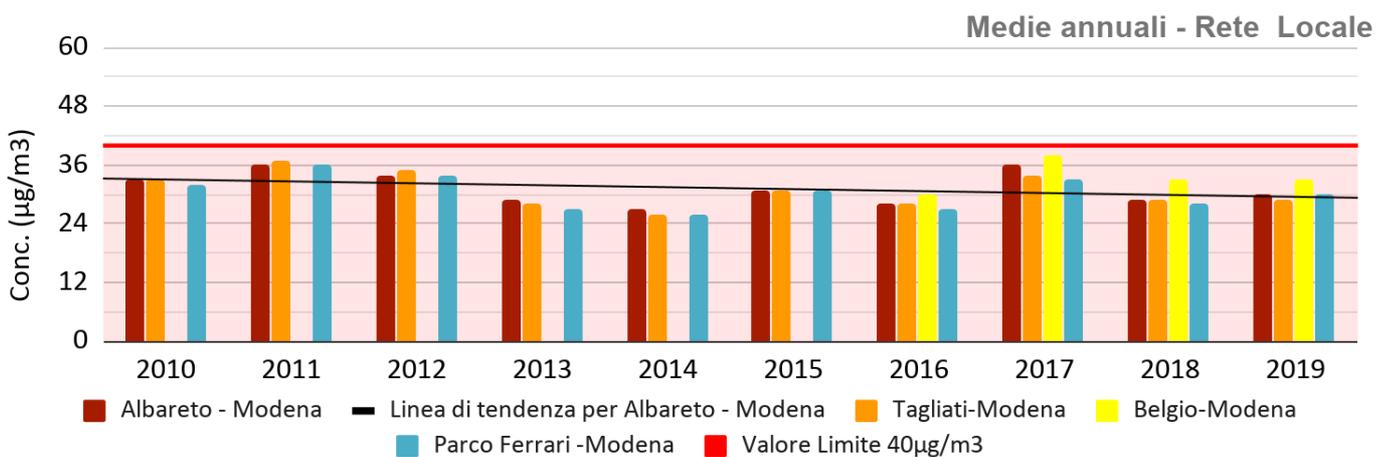
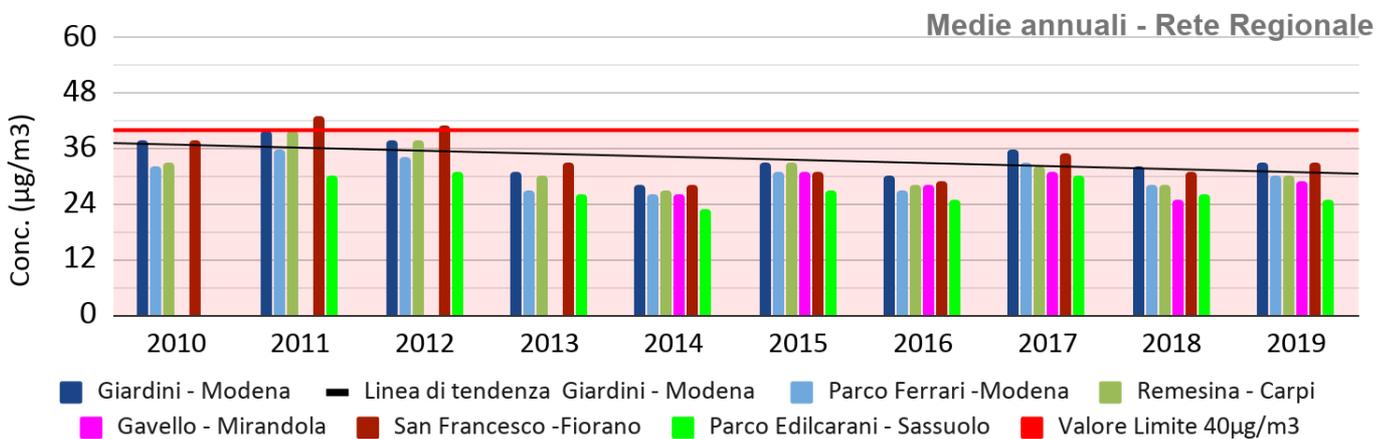
I superamenti del Valore Limite giornaliero sono maggiori dei 35 consentiti in 5 stazioni su 6 della rete regionale, e 2 stazioni su 3 della rete locale. Le stazioni che rispettano completamente i limiti imposti dalla normativa sono Parco Edilcarani a Sassuolo e Tagliati a Modena.

# Trend

## Medie annuali

Z o n a	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni (µg/m³)									
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
Modena	Giardini	Giardini	🚗	38	40	38	31	28	33	30	36	32	33
	Parco Ferrari	Parco Ferrari	🌿	32	36	34	27	26	31	27	33	28	30
Carpi	Remesina	Remesina	🌿	33	40	38	30	27	33	28	32	28	30
Mirandola	Gavello	Gavello	🌿					26	31	28	31	25	29
Fiorano	San Francesco	San Francesco	🚗	38	43	41	33	28	31	29	35	31	33
Sassuolo	Parco Edilcarani	Parco Edilcarani	🌿		30	31	26	23	27	25	30	26	25
Modena	**Albareto	**Albareto	⚙️	33	36	34	29	27	31	28	36	29	30
Modena	**Tagliati	**Tagliati	⚙️	33	37	35	28	26	31	28	34	29	28
Modena	**Belgio	**Belgio	⚙️							30	38	33	33

\*\*Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite



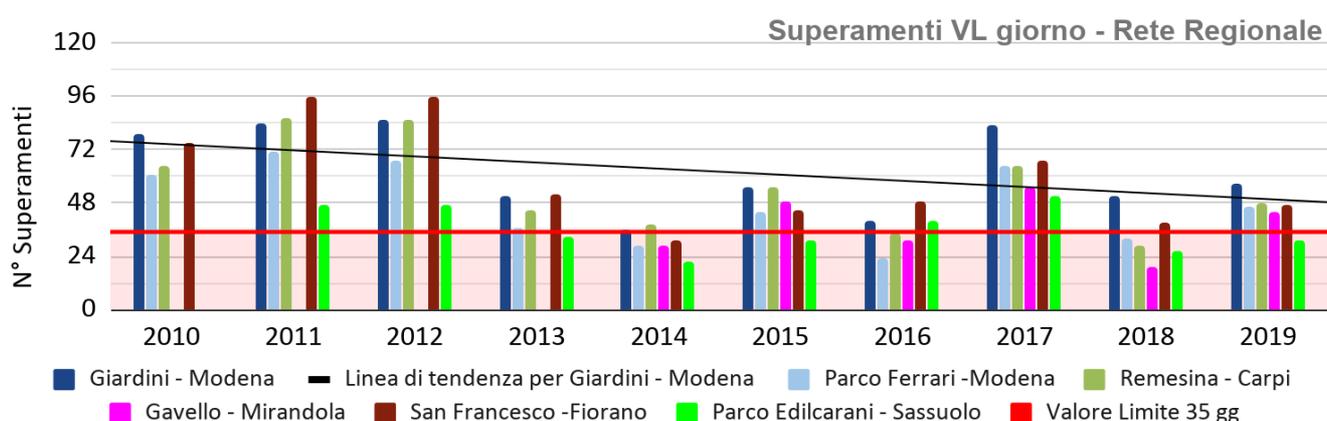
Il trend delle medie annuali delle stazioni della RRQA dal 2010 fino al 2019, mostra complessivamente una diminuzione delle concentrazioni mediamente del 10%, particolarmente marcata soprattutto nel 2014 e nel 2016; come succede già da diversi anni, anche nel 2019 il Valore Limite Annuale fissato a 40 µg/m<sup>3</sup> è stato rispettato in tutte le stazioni.

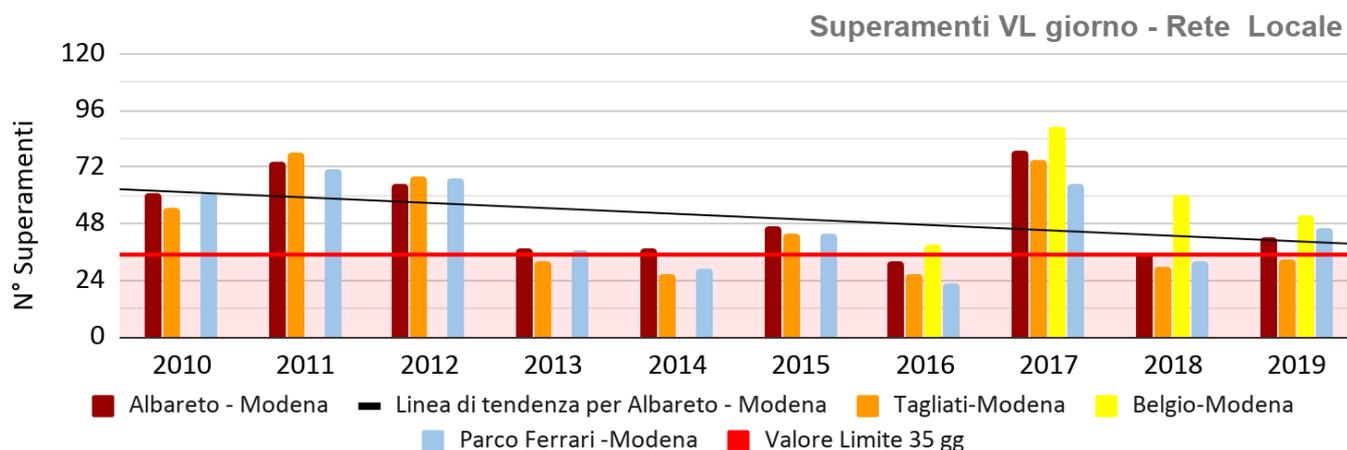
Anche per le stazioni Locali è possibile osservare un andamento analogo a quanto rilevato per le stazioni della Rete Regionale, con un calo delle concentrazioni medie annuali mediamente dell'11% a partire dal 2010; anche per le Stazioni Locali non si rilevano criticità a carico di questo indicatore.

## Superamenti

Z o n a	Comune	STAZIONI	Tip o	Numero di superamenti del Valore Limite giornaliero									
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
■	Modena	Giardini	🚗	79	84	85	51	36	55	40	83	51	58
	Modena	Parco Ferrari	🌿	61	71	67	37	29	44	23	65	32	47
🏠	Carpi	Remesina	🌿	65	86	85	45	38	55	34	65	29	49
🌳	Mirandola	Gavello	🌿					29	49	31	55	19	45
■	Fiorano	San Francesco	🚗	75	96	96	52	31	45	49	67	39	48
	Sassuolo	Parco Edilcarani	🌿		47	47	33	22	31	40	51	26	32
🏠	Modena	**Albareto	⚙️	61	74	65	38	38	47	32	79	35	43
🏠	Modena	**Tagliati	⚙️	55	78	68	32	27	44	27	75	30	34
🏠	Modena	**Belgio	⚙️							39	89	60	53

\*\*Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore

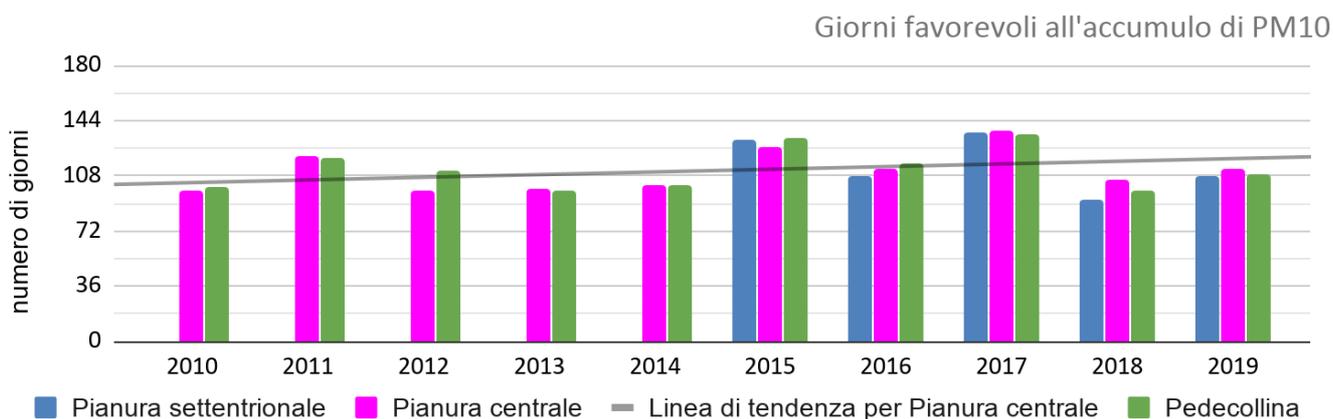


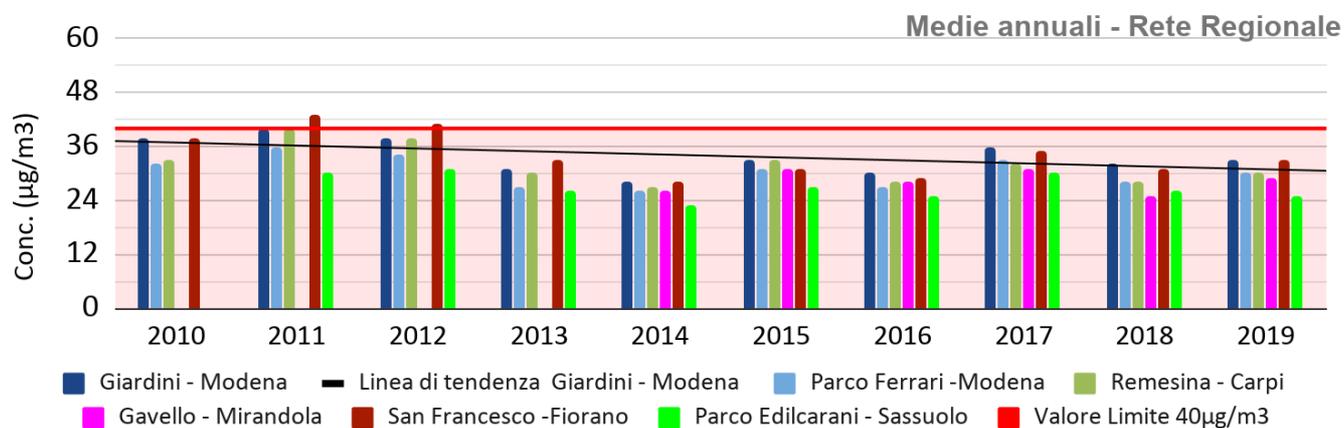


Il trend del numero di superamenti, sebbene sia complessivamente in calo dal 2010 al 2019 mediamente del 29%, rimane un indicatore ancora critico in particolare per le stazioni da traffico, lievemente più contenuto per quelle di fondo; nel 2019 solo la stazione di Parco Edilcarani ha rispettato il valore imposto dalla normativa attestandosi al di sotto dei 35 superamenti.

Per quanto riguarda le Stazioni Locali questo indicatore si comporta secondo quanto già osservato per le stazioni della Rete Regionale; sebbene si noti un calo negli anni mediamente di circa il 36% rispetto il 2010, questo indicatore rimane comunque critico anche per questa tipologia di stazioni.

## Confronto Giorni critici e medie annuali PM10





Il numero di giorni critici (giornate favorevoli all'accumulo di PM10, vedi allegato Meteo 2019 pag.9 ) varia da un minimo di 99 del 2018 ad un massimo di 136 del 2017 e 130 del 2015, con un numero medio di 113 gg pari al 60-62% delle giornate del semestre invernale (ottobre-marzo). Il trend è in lieve aumento a causa degli anni 2015 e 2017 che presentano un numero più elevato di giorni favorevoli all'accumulo.

Se si confrontano i trend si nota che sebbene quello dei giorni sfavorevoli alla diffusione degli inquinanti sia in lieve aumento, il trend delle medie annuali e dei superamenti è in calo, e questo auspica che le misure messe in campo per limitare l'inquinamento atmosferico in questi ultimi 10 anni, stiano dando i primi risultati positivi.

# Particolato PM2,5

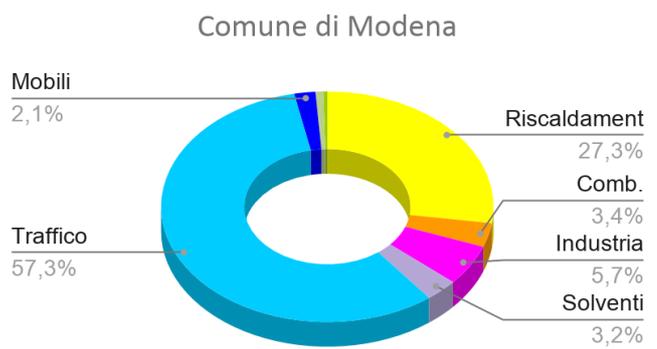
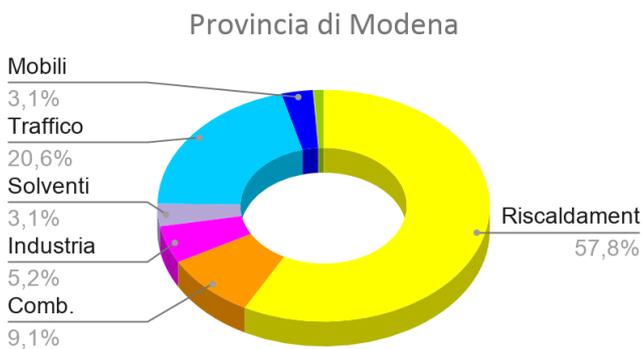
Per particolato fine si intendono tutte le particelle solide o liquide sospese nell'aria con dimensioni microscopiche e quindi respirabili. Il PM2,5 è definito come il materiale particolato con un diametro aerodinamico medio inferiore a 2.5 micron (1 µm = 1 millesimo di millimetro). Esso è originato sia per emissione diretta (particelle primarie), che per reazioni nell'atmosfera di composti chimici quali ossidi di azoto e zolfo, ammoniaca e composti organici (particelle secondarie).

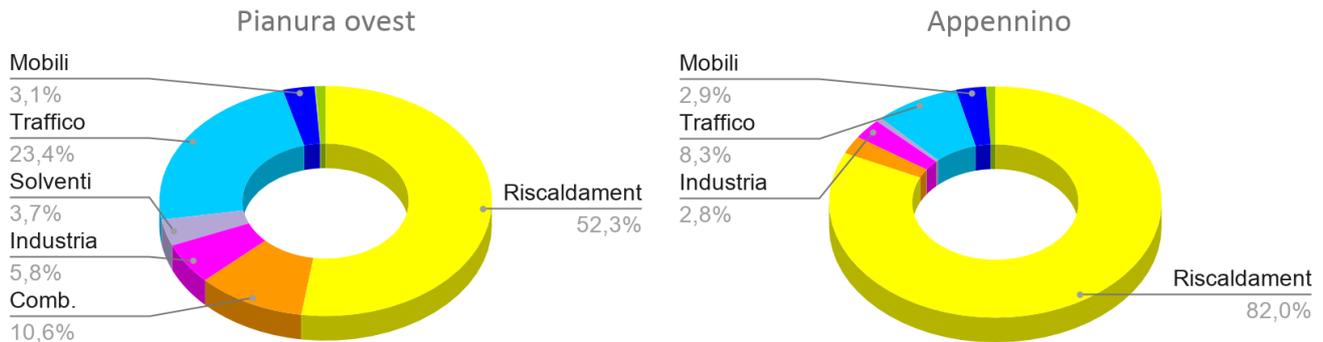
## Processo di generazione

Le sorgenti del particolato possono essere antropiche e naturali. Le fonti antropiche sono riconducibili principalmente ai processi di combustione quali: emissioni da traffico veicolare, utilizzo di combustibili (carbone, combustibili liquidi, legno, rifiuti, rifiuti agricoli), emissioni industriali (cementifici, fonderie, miniere). Le fonti naturali, invece, sono sostanzialmente: aerosol marino, suolo risollevato e trasportato dal vento etc.

## Le Emissioni a Modena

Macrosettori		Emissioni di PM2.5 (t/anno) in Provincia di Modena			
		Provincia	Comune di Modena	Zona di pianura	Appennino
MS1	Produzione Energia e trasformazione di combustibili	0	0	0	0
MS2	Combustione non industriale	922	51	679	243
MS3	Combustione industriale	145	6	137	7
MS4	Processi Industriali	83	11	75	8
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0	0
MS6	Uso di solventi	50	6	48	2
MS7	Trasporto su strada	329	108	304	25
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	49	4	40	9
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti	1	1	1	0
MS10	Agricoltura	15	1	12	3
totale		1.594	188	1.297	296
%			11,8%	81,4%	18,6%





Il contributo del Comune di Modena sulle emissioni totali di polveri PM<sub>2.5</sub> della Provincia è del 12%, mentre tutta la zona di pianura ha un impatto dell'81 % e la zona B (appennino) contribuisce solo per il 19%.

Se analizziamo le emissioni dei vari macrosettori, possiamo desumere che la fonte principale di polveri PM<sub>2.5</sub> è il Riscaldamento MS2 (Provincia di Modena 58%, Comune Modena 27%, Pianura Ovest 52% e Appennino 82%), seguito dal trasporto su strada (Provincia di Modena 21%, Comune di Modena 57%, Pianura Ovest 23% e Appennino 8%) e dai processi industriali MS3 e MS4 (Provincia di Modena 14%, Comune di Modena 9%, Pianura Ovest 16% e Zona B 5%).

## Limiti di legge

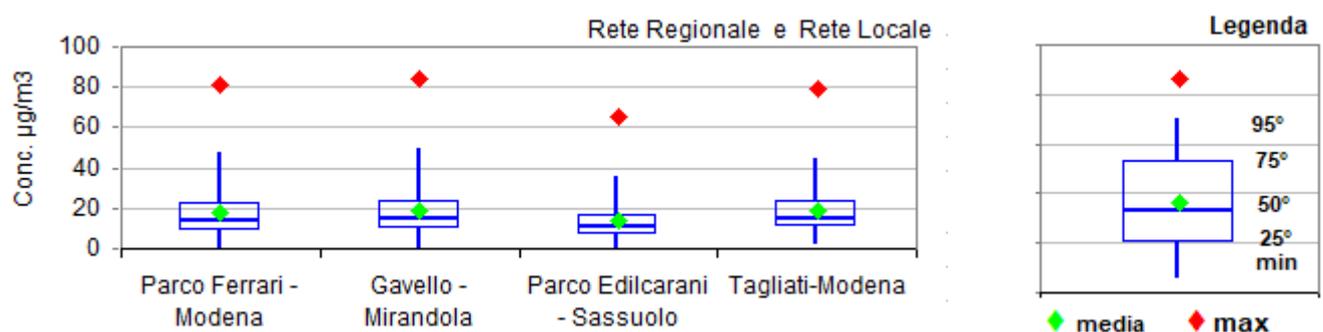
D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Valore Limite annuale	media annuale	25 µg/m <sup>3</sup>
-----------------------	---------------	----------------------

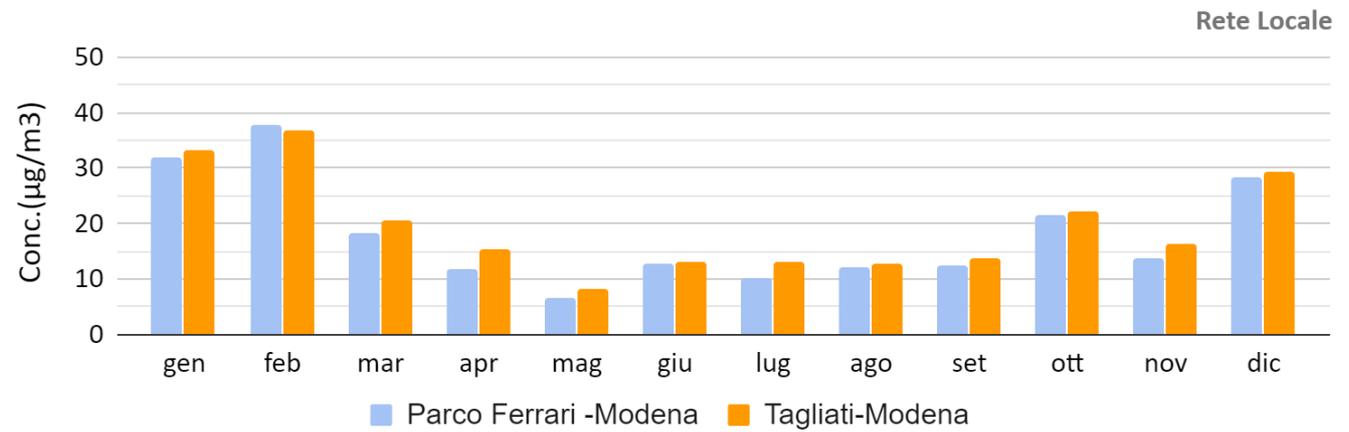
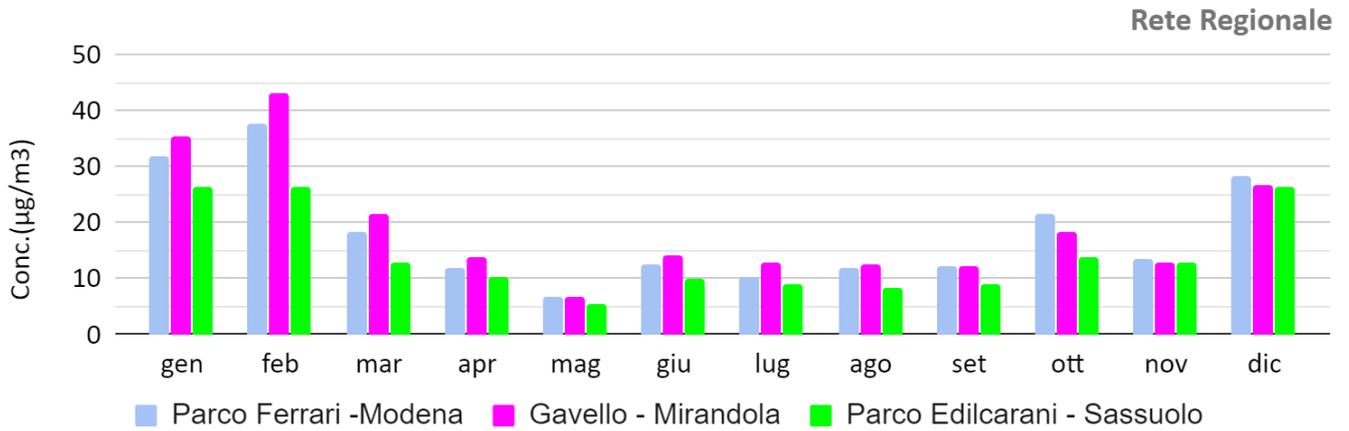
## Analisi dei dati

Zona	Comune	STAZIONI	Tip o	Concentrazioni (µg/m <sup>3</sup> )									Media Annuale
				Dati Validi (%)	Min	Max	25°	50°	75°	90°	95°	98°	
	Modena	Parco Ferrari		99	1	81	9	14	23	37	47	55	18
	Mirandola	Gavello		96	1	84	10	15	24	41	50	59	19
	Sassuolo	Parco Edilcarani		99	1	65	7	11	17	29	35	49	14
	Modena	**Tagliati		98	3	79	11	15	24	37	44	56	19

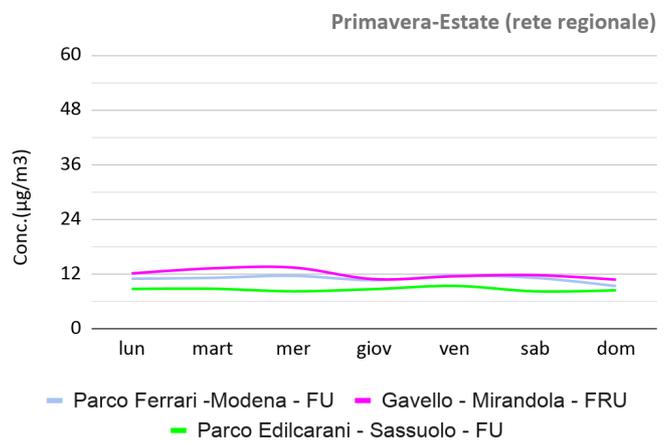
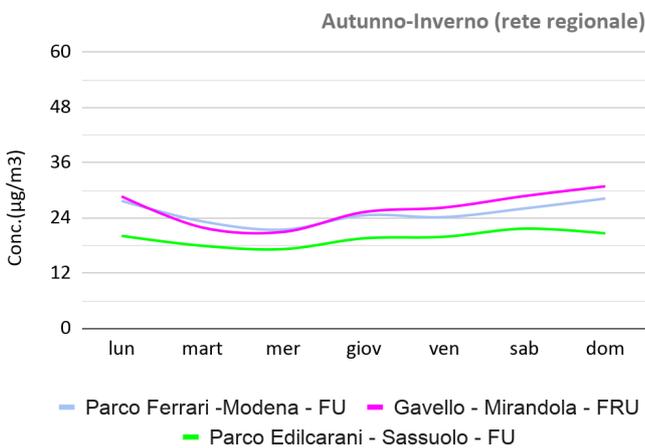
\*\* Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

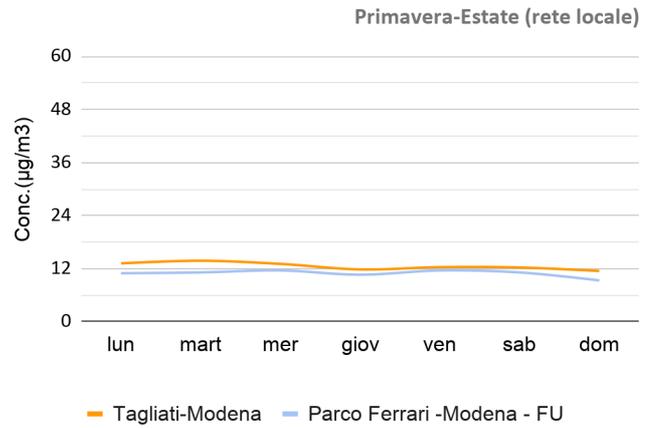
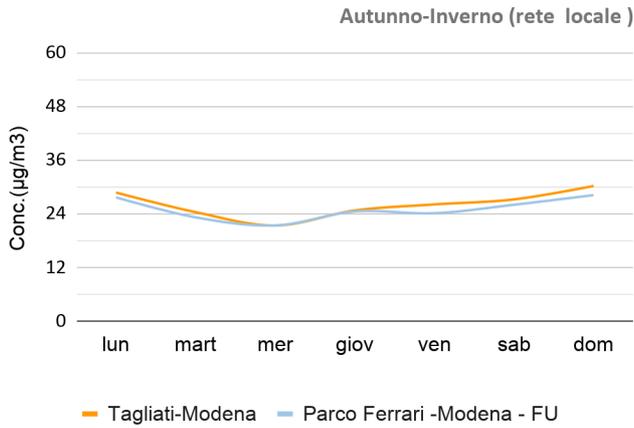


## Andamento medie mensili

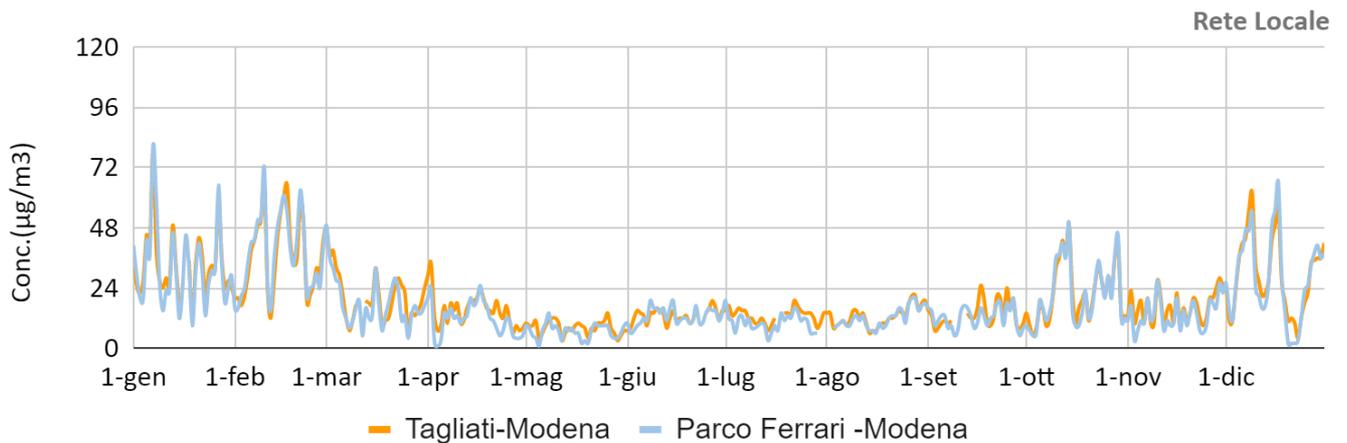
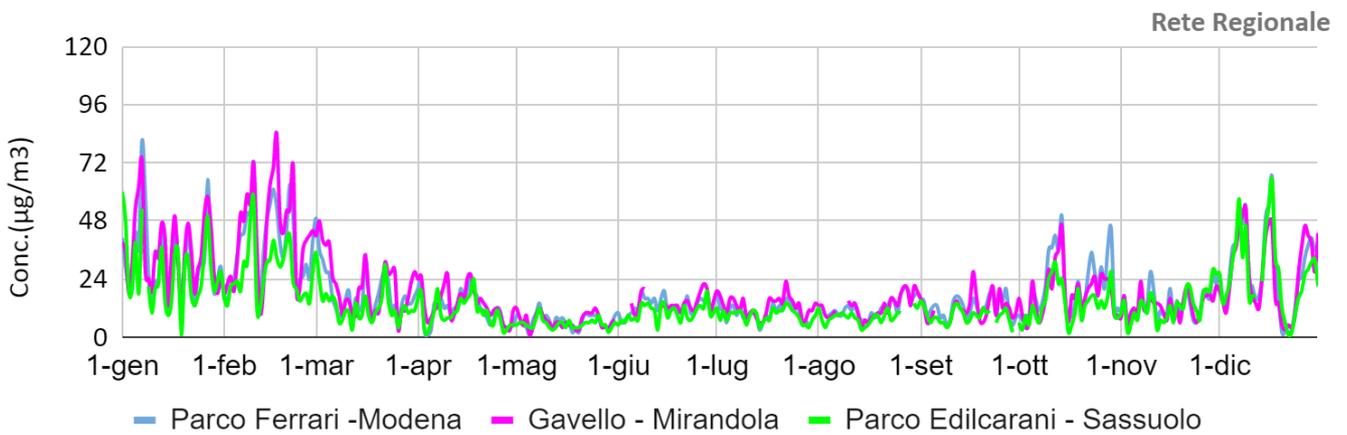


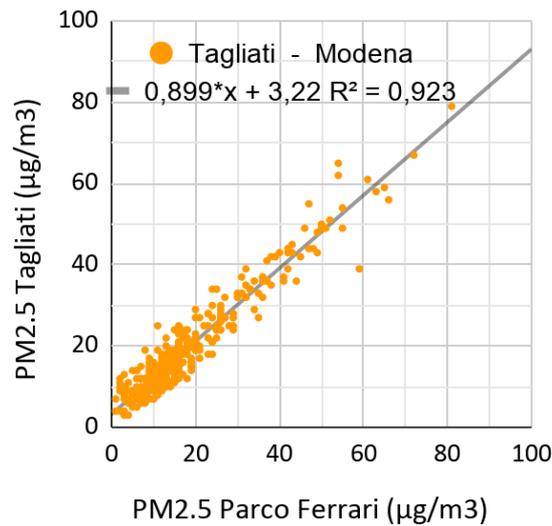
## Settimana Tipo





## Dati Giornalieri





Come già osservato per le polveri PM<sub>10</sub> anche le polveri PM<sub>2,5</sub> risultano più elevate nella stagione autunnale/invernale rispetto a quella estiva quando il maggior rimescolamento dell'atmosfera favorisce la dispersione degli inquinanti; il massimo valore dell'anno nelle stazioni RRQA è stato misurato a Gavello il 17 febbraio (84 µg/m<sup>3</sup>) mentre nella stazione locale di Tagliati tale valore è stato rilevato il 7 gennaio (79 µg/m<sup>3</sup>).

Il mese più critico è stato febbraio che ha registrato una media complessiva per le stazioni RRQA di 36 µg/m<sup>3</sup> analogamente alla stazione locale di Tagliati la cui media mensile di febbraio è risultata 37µg/m<sup>3</sup>.

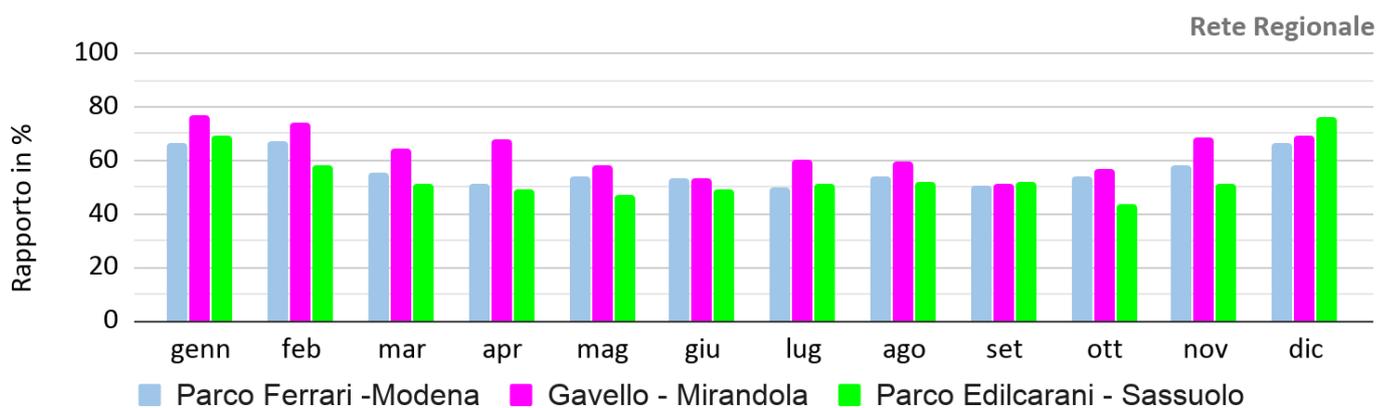
La settimana tipo nel periodo invernale mostra una lieve diminuzione dal lunedì al mercoledì, per poi ritornare ai valori di lunedì a fine settimana.

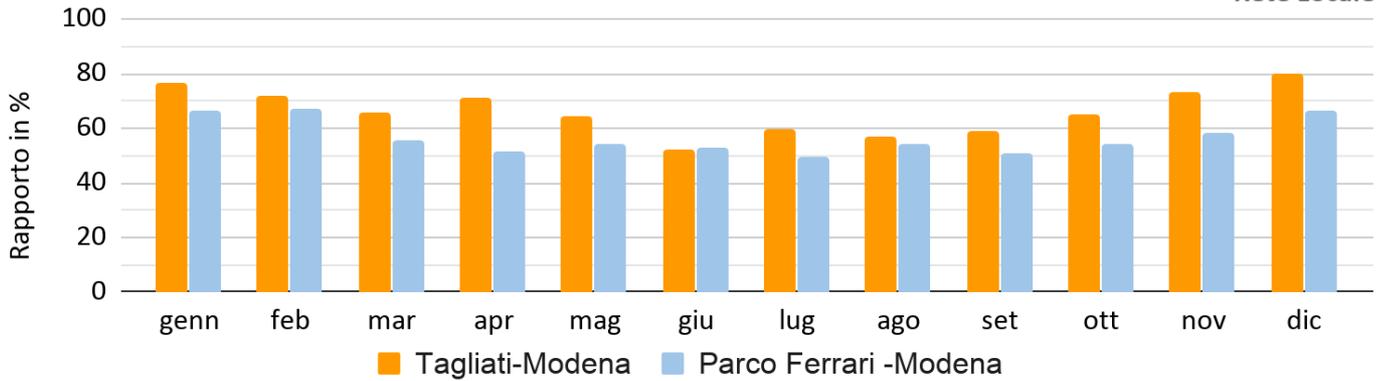
La natura prevalentemente secondaria di questo inquinante, quindi la sua elevata diffusione spaziale, si traduce in concentrazioni generalmente omogenee in tutte le stazioni situate nella zona di pianura sia della rete regionale che locale; la stazione di Parco Edilcarani a Sassuolo presenta valori lievemente più bassi rispetto alle altre stazioni, probabilmente grazie al miglior rimescolamento della zona pedecollinare.

Se si confrontano i dati della stazione di Tagliati della rete locale con quelli della stazione di fondo urbano di Parco Ferrari, si osserva una marcata correlazione con coefficienti R<sup>2</sup> superiori a 0,9 e livelli di concentrazione molto simili.

Tutte le stazioni rispettano il Valore Limite annuale di 25 µg/m<sup>3</sup>.

## Rapporto PM2.5/PM10





Dall'osservazione del rapporto tra i dati di PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub> misurati nella stessa stazione emergono variazioni nei diversi mesi dell'anno; in particolare nella stagione invernale tale rapporto è più elevato (69% media Stazioni RRQA e 76% stazione locale Tagliati) mentre nella stagione estiva appare più contenuto (54% media Stazioni RRQA e 56% stazione locale Tagliati). Dall'osservazione dei grafici di seguito riportati le stazioni che presentano una percentuale più elevata di polveri PM<sub>2.5</sub> rispetto al dato di PM<sub>10</sub> sono quella di fondo rurale di Gavello a Mirandola per la Rete Regionale (63%) e la Stazione Locale di Tagliati (66%).

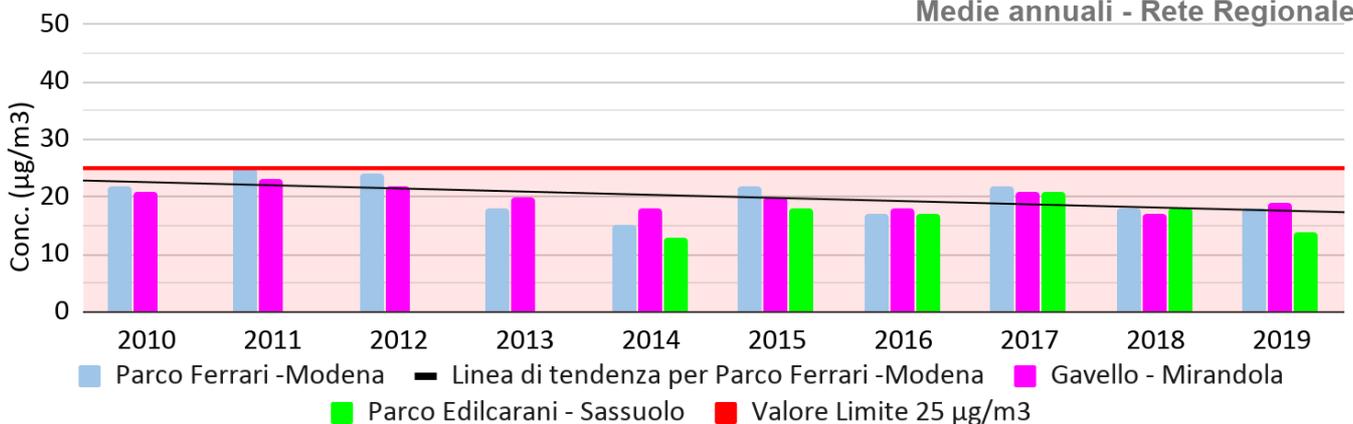
## Trend

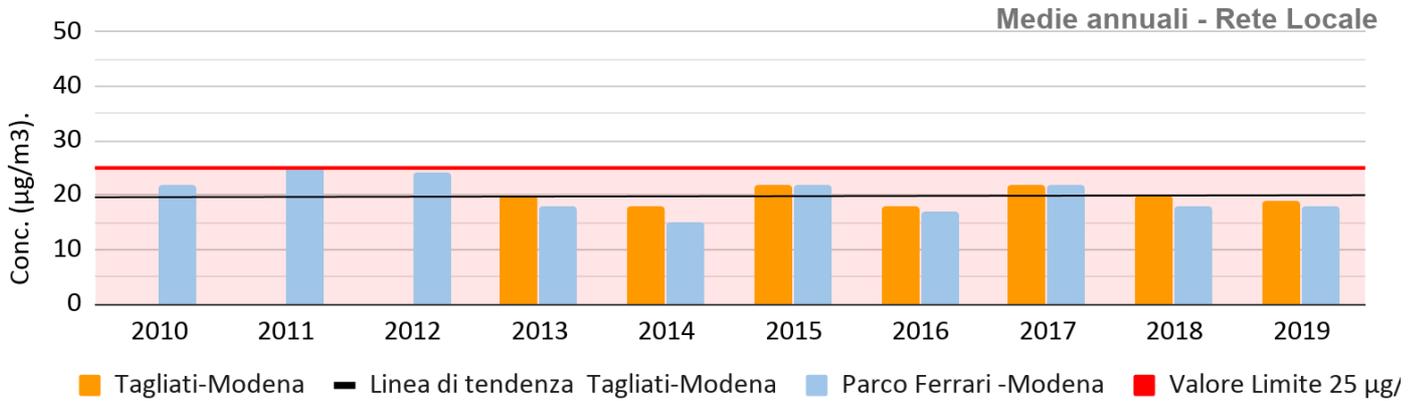
### Medie annuali

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni (µg/m <sup>3</sup> )									
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
	Modena	Parco Ferrari		22	25	24	18	15	22	17	22	18	18
	Mirandola	Gavello		21	23	22	20	18	20	18	21	17	19
	Sassuolo	Parco Edilcarani						13	18	17	21	18	14
	Modena	**Tagliati					20	18	22	18	22	20	19

\*\* Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite    ■ > Valore Limite

### Medie annuali - Rete Regionale





Il trend delle medie annuali dal 2010 fino al 2019, mostra dati sempre inferiori al Valore limite annuale, si può notare una lieve diminuzione delle concentrazioni mediamente del 14%, particolarmente marcata soprattutto nel 2014.

Per quanto riguarda le Stazioni Locali, le polveri PM<sub>2,5</sub> sono misurate unicamente nella stazione di Tagliati dal 2013; come è possibile osservare dal grafico precedentemente riportato le concentrazioni negli anni non evidenziano variazioni significative in quanto le misure non comprendono lo stesso intervallo temporale (2010-2019) come per la stazione di Parco Ferrari.

# Metalli Pesanti: nichel, arsenico, cadmio e piombo

I metalli sono costituenti naturali della crosta terrestre. In atmosfera si trovano essenzialmente associati al particolato e spesso presenti a seguito di emissioni provenienti da diversi tipi di attività industriali. Tra i metalli oggetto di monitoraggio per la qualità dell'aria, quelli normati sono: il nichel (Ni), il cadmio (Cd), l'arsenico (As) e il piombo (Pb).

I composti del nichel e del cadmio sono classificati, dall'Agenzia internazionale di ricerca sul cancro, come cancerogeni per l'uomo. Per il piombo è stato evidenziato un ampio spettro di effetti tossici, in quanto tale sostanza interferisce con numerosi sistemi enzimatici

## Processo di generazione

I metalli presenti nel particolato atmosferico provengono da una molteplice varietà di fonti: il cadmio e lo zinco sono originati prevalentemente da processi industriali; il rame e il nichel provengono dalla combustione; il piombo dalle emissioni autoveicolari. Il ferro proviene dall'erosione dei suoli, dall'utilizzo di combustibili fossili e dalla produzione di leghe ferrose.

In particolare, il piombo di provenienza autoveicolare è emesso quasi esclusivamente da motori a benzina, nei quali è contenuto sotto forma di piombo tetraetile e/o tetrametile con funzioni di antidetonante. Negli agglomerati urbani tale sorgente rappresenta, pressoché, la totalità delle emissioni di piombo e la granulometria dell'aerosol che lo contiene si colloca quasi integralmente nella frazione respirabile (PM<sub>10</sub>). L'adozione generalizzata della benzina "verde" (0,013 g/l di Pb), dall'1 gennaio 2002, ha portato una riduzione delle emissioni di piombo del 97%; in conseguenza di ciò è praticamente trascurabile il contributo della circolazione autoveicolare alla concentrazione in aria di questo metallo.

## Analisi dei dati

### Limiti di legge

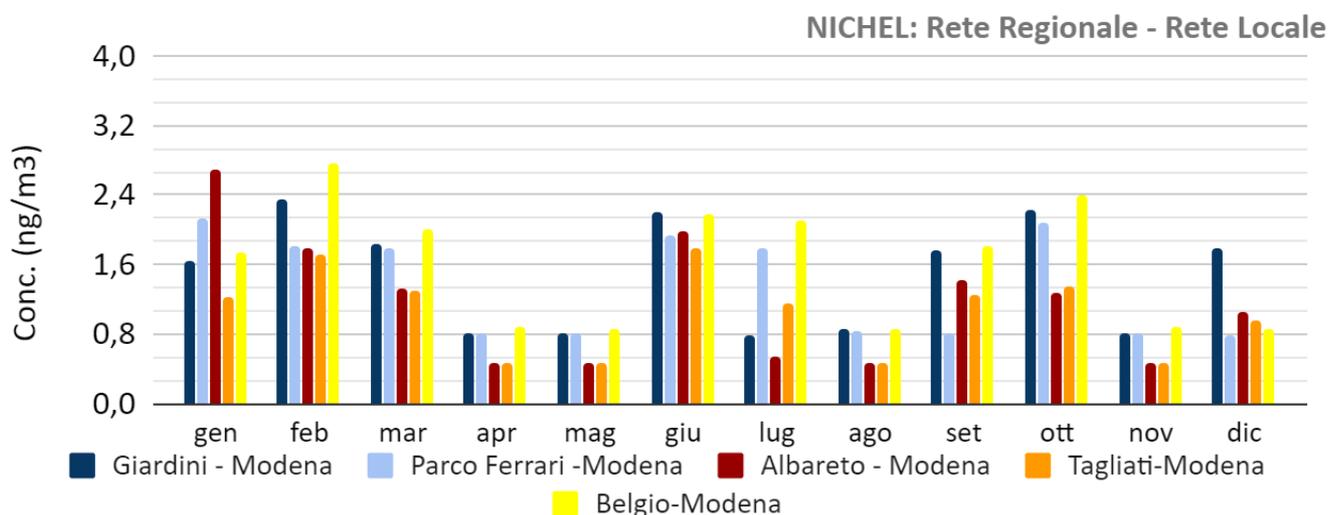
*D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE*

Nichel	Valore Obiettivo	media annuale	20 ng/m <sup>3</sup>
Arsenico	Valore Obiettivo	media annuale	6 ng/m <sup>3</sup>
Cadmio	Valore Obiettivo	media annuale	5 ng/m <sup>3</sup>
Piombo	Valore Limite	media annuale	500 ng/m <sup>3</sup>

## Nichel

	Comune	STAZIONI	Ti p o	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )									Media Annuale
				Dati Validi (%)	Min	Max	25°	50°	75°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		100	0,773	2,339	0,798	1,698	1,917	2,225	2,278	2,315	1,482
	Modena	Parco Ferrari		100	0,772	2,130	0,798	1,304	1,837	2,074	2,108	2,121	1,360
	Modena	**Albareto		100	0,456	2,690	0,471	1,172	1,504	1,970	2,306	2,536	1,163
	Modena	**Tagliati		100	0,456	1,775	0,474	1,183	1,306	1,688	1,748	1,764	1,048
	Modena	**Belgio		100	0,855	2,767	0,877	1,782	2,131	2,386	2,570	2,688	1,615

\*\*Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

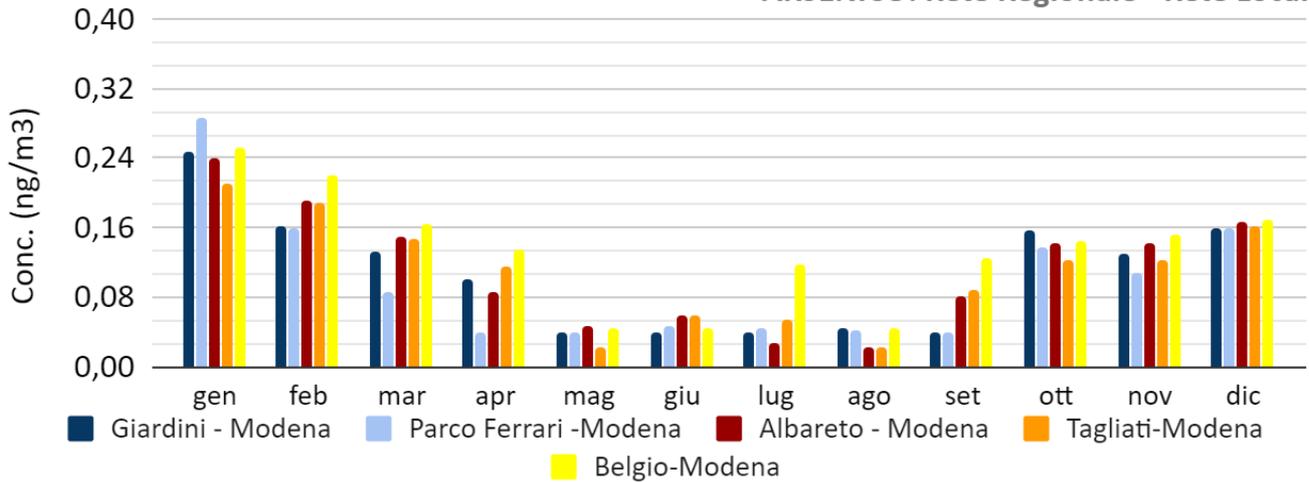


## Arsenico

	Comune	STAZIONI	Ti p o	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )									Media Annuale
				Dati Validi (%)	Min	Max	25°	50°	75°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		100	0,214	1,548	0,550	0,761	1,055	1,453	1,517	1,536	0,829
	Modena	Parco Ferrari		100	0,199	1,317	0,422	0,643	0,819	1,158	1,244	1,288	0,658
	Modena	**Albareto		100	0,302	1,165	0,413	0,570	0,610	0,689	0,907	1,062	0,563
	Modena	**Tagliati		100	0,354	0,928	0,447	0,528	0,628	0,731	0,826	0,887	0,558
	Modena	**Belgio		100	0,431	1,402	0,543	0,669	0,818	0,924	1,144	1,299	0,721

\*\*Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

**ARSENICO: Rete Regionale - Rete Locale**

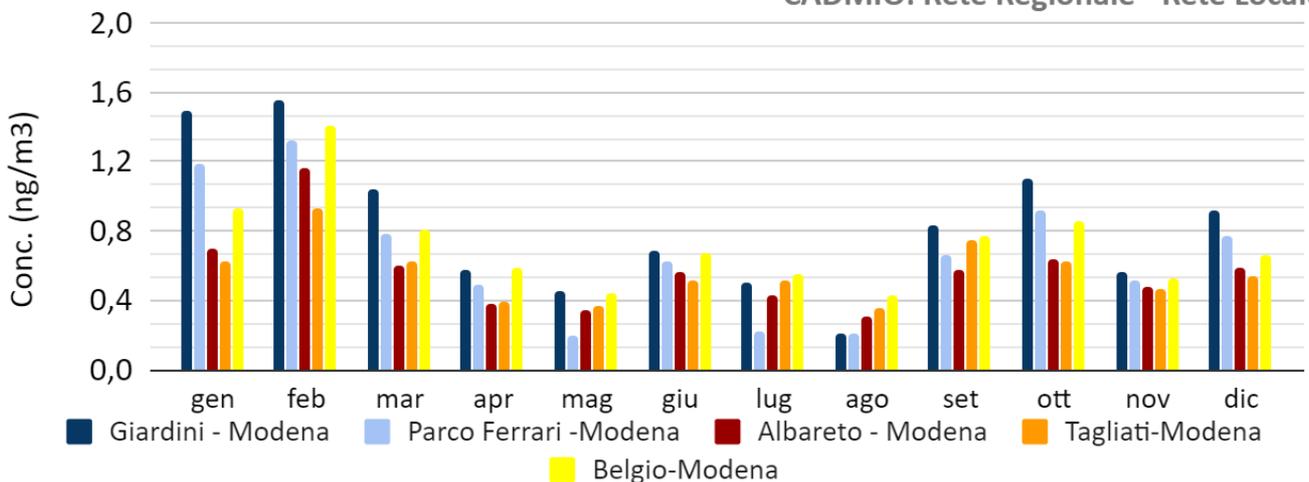


**Cadmio**

	Comune	STAZIONI	T i p o	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )									Media Annuale
				Dati Validi (%)	Min	Max	25°	50°	75°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		100	0,038	0,248	0,040	0,115	0,158	0,161	0,200	0,229	0,107
	Modena	Parco Ferrari		100	0,040	0,286	0,041	0,066	0,143	0,159	0,216	0,258	0,099
	Modena	**Albareto		100	0,023	0,241	0,057	0,114	0,154	0,190	0,214	0,230	0,113
	Modena	**Tagliati		100	0,023	0,211	0,058	0,119	0,151	0,186	0,199	0,206	0,109
	Modena	**Belgio		100	0,043	0,251	0,099	0,140	0,166	0,216	0,235	0,244	0,134

\*\*Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

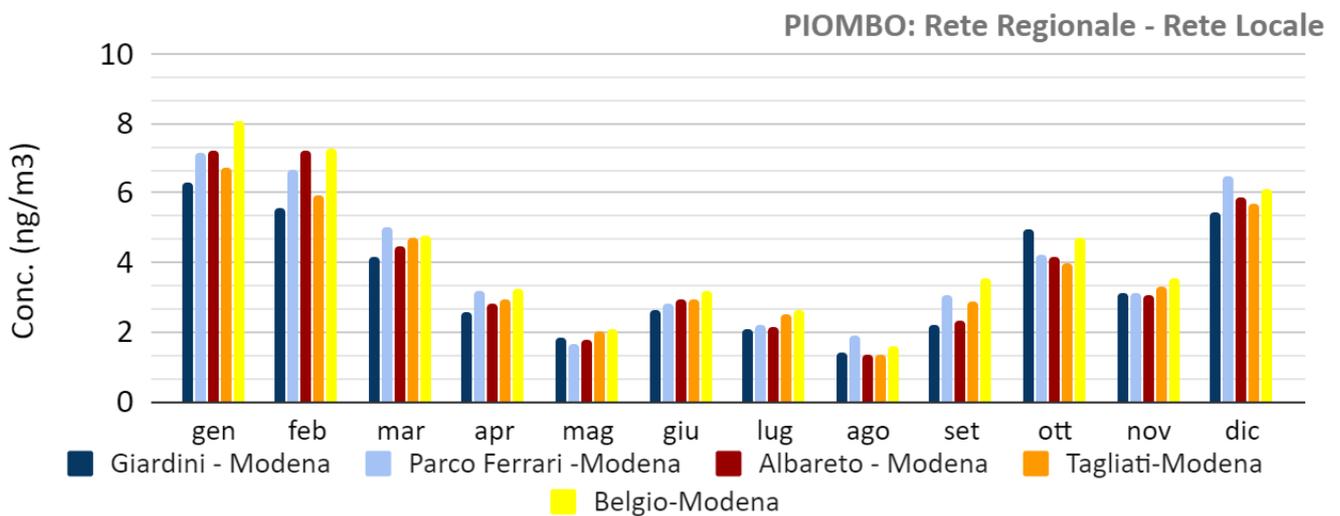
**CADMIO: Rete Regionale - Rete Locale**



# Piombo

	Comune	STAZIONE	Tipo	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )									Media Annuale
				Dati Validi (%)	Min	Max	25°	50°	75°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		100	1,425	6,299	2,173	2,890	5,067	5,561	5,899	6,139	3,524
	Modena	Parco Ferrari		100	1,671	7,184	2,679	3,167	5,370	6,633	6,891	7,067	3,958
	Modena	**Albareto		100	1,371	7,243	2,295	3,001	4,820	7,067	7,219	7,233	3,782
	Modena	**Tagliati		100	1,357	6,713	2,783	3,134	4,948	5,904	6,283	6,541	3,746
	Modena	**Belgio		100	1,583	8,099	3,024	3,566	5,102	7,148	7,639	7,915	4,229

\*\*Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite



Arsenico, cadmio e piombo presentano medie mensili che seguono l'andamento delle polveri, con concentrazioni più alte nei mesi invernali, mentre il nichel non ha un andamento stagionale tipico.

Le concentrazioni più alte sono state misurate per il nichel a gennaio e ottobre con valori di 2,130 e 2,090 ng/m<sup>3</sup>, per gli altri metalli a gennaio e febbraio con valori di 1,184 e 1,317 ng/m<sup>3</sup> per l'arsenico, di 0,286 e 0,159 ng/m<sup>3</sup> per il cadmio e di 7,183 e 6,651 ng/m<sup>3</sup> per il piombo.

Sia le concentrazioni mensili che quelle annuali misurate, soprattutto per i piombo, risultano molto lontane dai limiti o valori obiettivo indicati dalla normativa, per cui questi inquinanti non risultano critici per quanto riguarda la qualità dell'aria.

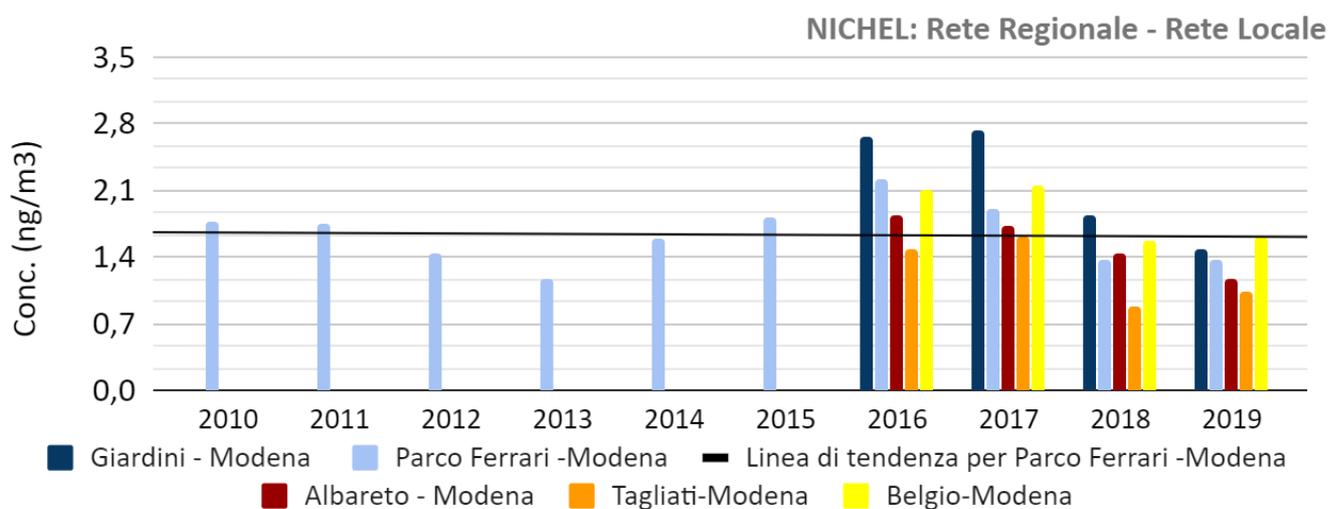
# Trend

## Nichel

	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )										
				Dati Validi (%)	Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
	Modena	Giardini		100							2,660	2,720	1,830	1,482
	Modena	Parco Ferrari		100	1,783	1,742	1,429	1,163	1,604	1,814	2,208	1,899	1,360	1,360
	Modena	**Albareto		100							1,830	1,720	1,428	1,163
	Modena	**Tagliati		100							1,490	1,620	0,874	1,048
	Modena	**Belgio		100							2,100	2,160	1,582	1,615

\*Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

**Valore Obiettivo 20 ng/m<sup>3</sup>**



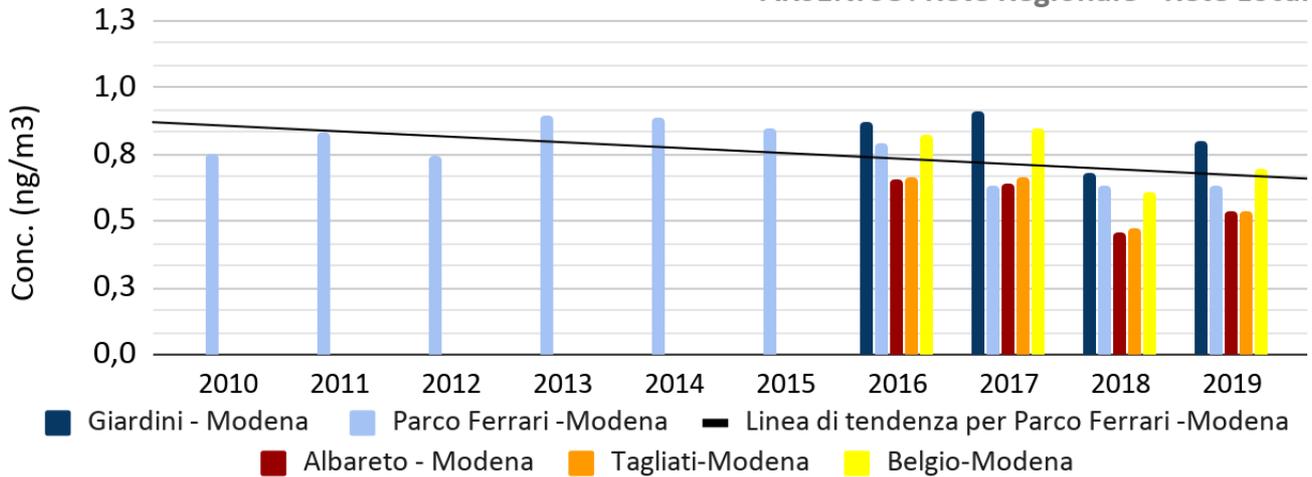
## Arsenico

	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )										
				Dati Validi (%)	Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
	Modena	Giardini		100							0,910	0,950	0,711	0,829
	Modena	Parco Ferrari		100	0,783	0,867	0,771	0,929	0,927	0,883	0,826	0,659	0,658	0,658
	Modena	**Albareto		100							0,680	0,670	0,477	0,563
	Modena	**Tagliati		100							0,690	0,690	0,491	0,558
	Modena	**Belgio		100							0,860	0,880	0,637	0,721

\*Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

**Valore Obiettivo 6 ng/m<sup>3</sup>**

**ARSENICO: Rete Regionale - Rete Locale**



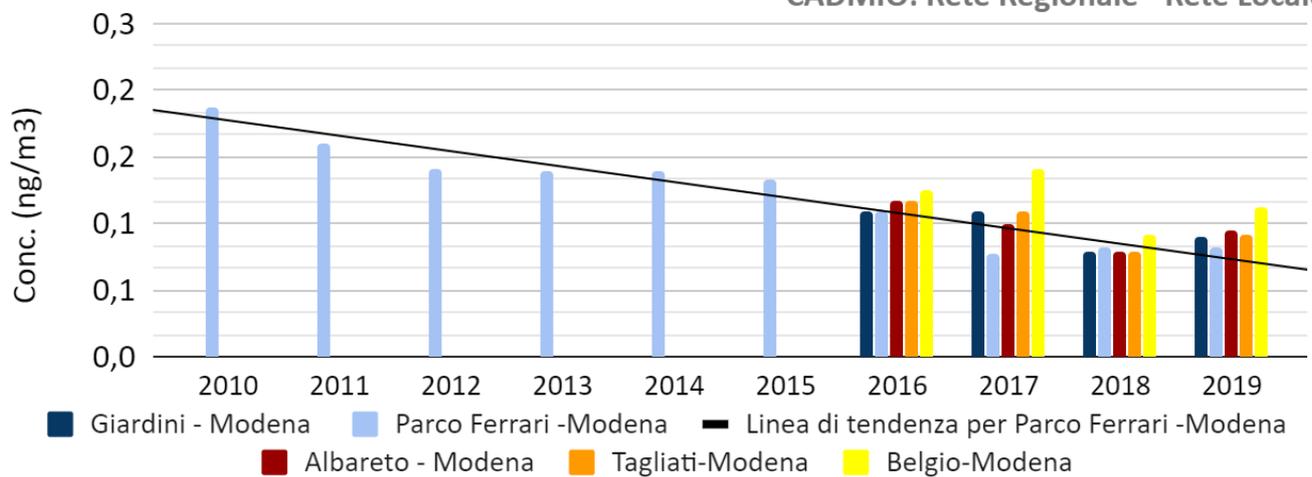
**Cadmio**

	Comune	STAZIONI	T i p o	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )										
				Dati Validi (%)	Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
	Modena	Giardini		100							0,130	0,130	0,094	0,107
	Modena	Parco Ferrari		100	0,225	0,192	0,170	0,168	0,168	0,160	0,130	0,093	0,099	0,099
	Modena	**Albareto		100							0,140	0,120	0,095	0,113
	Modena	**Tagliati		100							0,140	0,130	0,094	0,109
	Modena	**Belgio		100							0,150	0,170	0,109	0,134

\*Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

**Valore Obiettivo 5 ng/m<sup>33</sup>**

**CADMIO: Rete Regionale - Rete Locale**

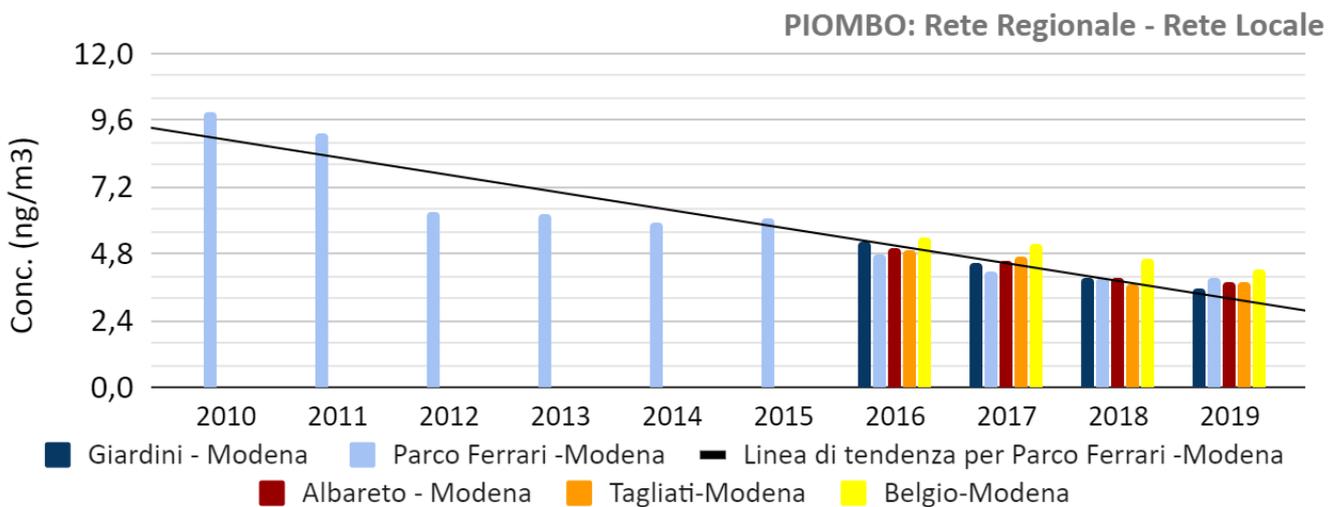


## Piombo

	Comune	STAZIONI	T i p o	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )											
				Dati Validi (%)	Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	
	Modena	Giardini		100								5,210	4,490	3,938	3,524
	Modena	Parco Ferrari		100	9,933	9,117	6,330	6,242	5,889	6,088	4,765	4,194	3,958	3,958	
	Modena	**Albareto		100								5,030	4,540	3,941	3,782
	Modena	**Tagliati		100								4,950	4,730	3,716	3,746
	Modena	**Belgio		100								5,420	5,150	4,597	4,229

\*Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

**Valore Limite media annuale 500 ng/m<sup>3</sup>**



Se si analizza il trend delle medie annuali dal 2010 al 2019 della stazione di Parco Ferrari, si può notare un calo evidente per cadmio e piombo, una lieve diminuzione per arsenico mentre una stabilità per nichel, più vicino all'andamento delle concentrazioni di polveri PM10.

# Benzo(a)pirene

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) costituiscono un numeroso gruppo di composti organici formati da uno o più anelli benzenici. In generale, si tratta di sostanze solide a temperatura ambiente, scarsamente solubili in acqua, degradabili in presenza di radiazione ultravioletta e altamente affini ai grassi presenti nei tessuti viventi.

Il composto più studiato e rilevato è il benzo(a)pirene, e presenta una struttura con cinque anelli aromatici condensati.

È una delle prime sostanze delle quali si è accertata la cancerogenicità ed è stata, quindi, utilizzata come indicatore dell'intera classe di composti policiclici aromatici.

In particolare, nove persone su centomila esposte a una concentrazione di 1 ng/m<sup>3</sup> di benzo(a)pirene sono a rischio di contrarre il cancro, da questa concentrazione è stato ricavato il valore obiettivo.

## Processo di generazione

Gli idrocarburi policiclici aromatici sono contenuti nel carbone e nei prodotti petroliferi (particolarmente nel gasolio e negli oli combustibili), quindi si rilevano nelle emissioni degli autoveicoli (sia diesel, che benzina).

La quasi totalità delle emissioni di BaP proviene dalla combustione residenziale di biomassa solida. Il benzo(a)pirene viene emesso in atmosfera quasi totalmente adsorbito sul materiale particolato e la sua emissione risulta molto variabile a seconda del tipo di sorgente, del tipo e della qualità della combustione.

## Limiti di legge

D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

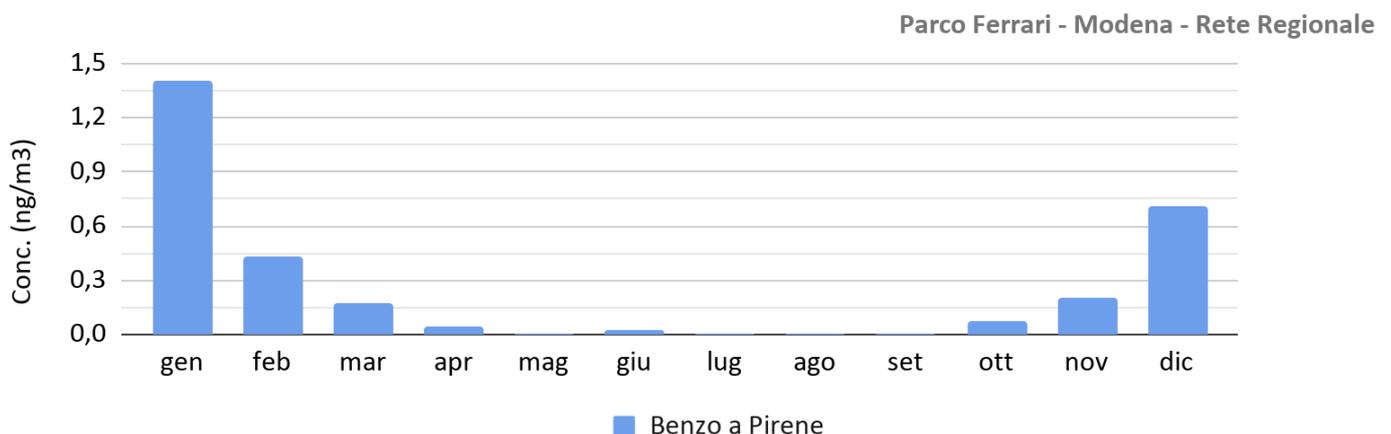
Valore Obiettivo	media annuale	1 ng/m <sup>3</sup>
------------------	---------------	---------------------

## Analisi dati

Z o n a	Comune	Stazione	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )								Media annuale (ng/m <sup>3</sup> )
					min	max	25°	50°	75°	90°	95°	98°	
	Modena	Parco Ferrari		100	0,0030	1,4005	0,0033	0,0567	0,2625	0,6810	1,0197	1,2482	0,2564

■ ≤ Valore Limite    ■ > Valore Limite

## Andamento medie mensili



Gli andamenti delle medie mensili di benzo a pirene presentano un andamento stagionale simile a quello delle polveri, più alte nei mesi invernali (a ottobre a marzo).

Il dati più alti sono quelli di gennaio con un valore di 1,4005 ng/m<sup>3</sup> e dicembre con 0,7082 ng/m<sup>3</sup>, quelli più bassi sono quelli di maggio e di settembre inferiori al limite di rilevabilità.

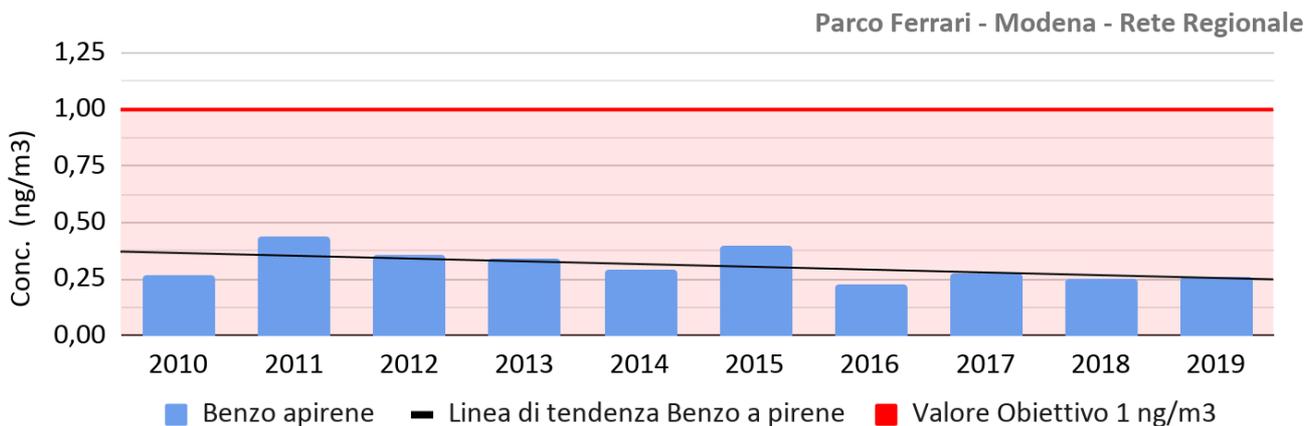
La media annuale di 0,2564 ng/m<sup>3</sup> è comunque ampiamente inferiore al Valore Obiettivo di 1 ng/m<sup>3</sup>.

## Trend

### Medie annuali

Zona	Comune	Tipo		Concentrazioni (ng/m <sup>3</sup> )									
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
	Modena Parco Ferrari		Benzo a pirene	0,2661	0,4421	0,3558	0,3383	0,2952	0,3954	0,2311	0,2745	0,2552	0,2564

■ ≤ Valore Limite      ■ > Valore Limite



I dati dal 2010 al 2019 sono sempre risultati molto contenuti e lontani dal Valore Obiettivo: il trend evidenzia un leggero calo dei dati negli anni considerati.

# Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono è un componente gassoso dell'atmosfera, molto reattivo e aggressivo. Negli strati alti dell'atmosfera terrestre (stratosfera) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla terra, creando uno scudo protettivo che filtra i raggi ultravioletti del sole.

L'ozono troposferico (O<sub>3</sub>) è un inquinante secondario, che si forma mediante processi fotochimici a partire da inquinanti precursori presenti in atmosfera, trasportati e diffusi da venti e turbolenza atmosferica. Proprio per questo le sue massime concentrazioni si osservano a distanza dalle sorgenti emmissive degli inquinanti precursori, nelle zone suburbane e rurali, anche dell'Appennino.

## Processo di generazione

Le reazioni fotochimiche che portano alla generazione dell'ozono avvengono a partire da inquinanti precursori presenti in atmosfera: ossidi d'azoto e composti organici volatili. Le reazioni sono catalizzate dalla radiazione solare; questo rende l'ozono un inquinante tipicamente estivo, con valori di concentrazione più elevati nelle estati contrassegnate da alte temperature

## Limiti di legge

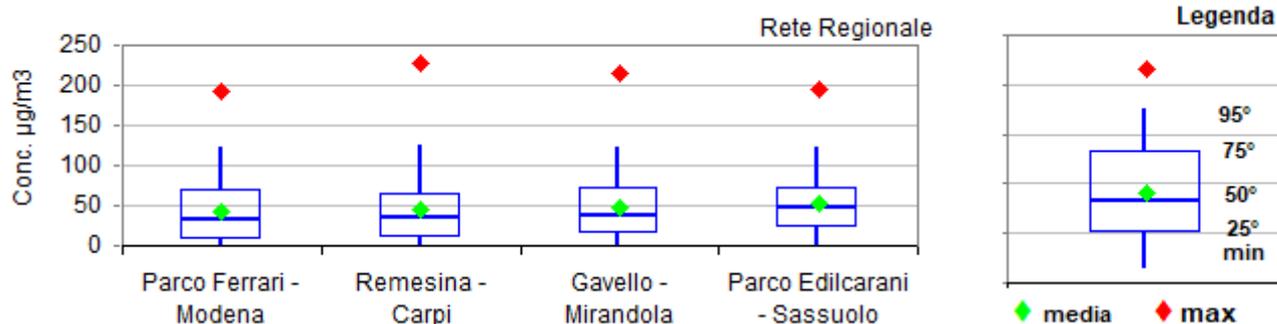
D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Soglia di Informazione SI	media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>
Soglia di Allarme SA	media oraria	240 µg/m <sup>3</sup>
Obiettivo a lungo termine OLT	massima media mobile 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup>
Valore Obiettivo VO	massima media mobile 8 ore 120 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 25 volte come media di 3 anni	25
AOT 40	Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m <sup>3</sup> e 80 µg/m <sup>3</sup> da maggio a luglio, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le ore 8:00 e le 20:00 nel periodo maggio- luglio	18000

## Analisi dati

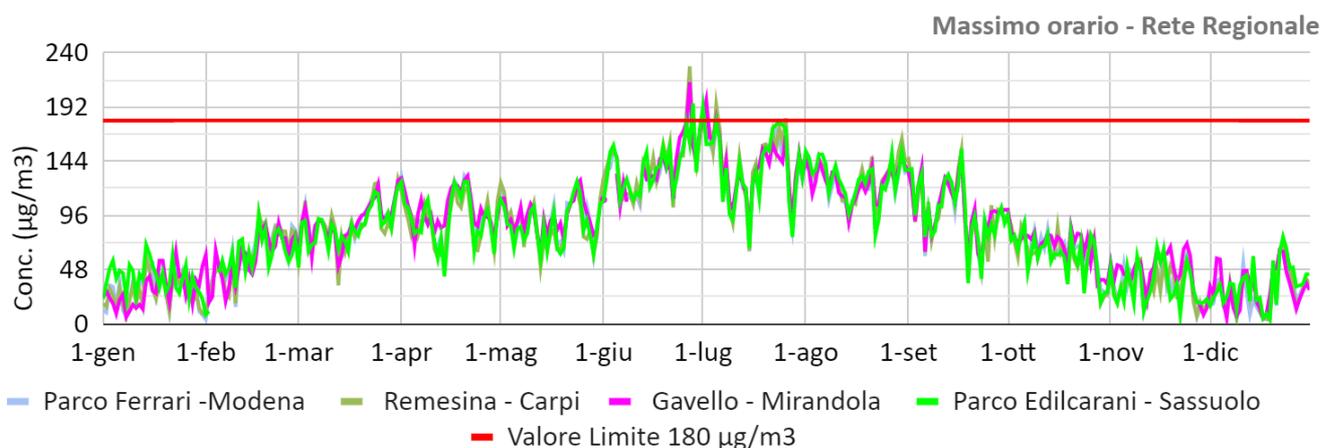
Z o n a	Comune	STAZIONI	T i p o	Concentrazioni (µg/m <sup>3</sup> )										Superamenti		
				Dati Validi (%)	Min	Max	Media	25°	50°	75°	90°	95°	98°	SI (ore)	SI (giorni)	OLT (giorni)
	Modena	Parco Ferrari		100	<8	192	44	7	9	69	103	122	142	6	2	50
	Carpi	Remesina		97	<8	228	44	10	34	66	102	124	145	19	5	55
	Mirandola	Gavello		97	<8	214	47	16	37	72	103	123	141	19	4	49
	Sassuolo	Parco Edilcarani		99	<8	195	51	22	43	73	102	122	143	8	2	54

■ ≤ Valore Limite      ■ > Valore Limite



## Superamenti della Soglia di Informazione

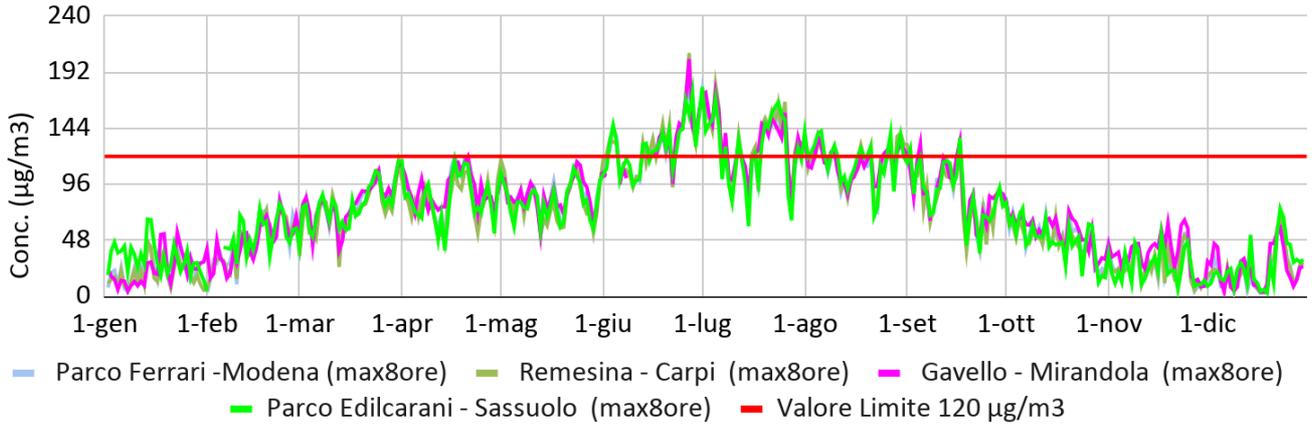
Z o n a	Comune	STAZIONI	T i p o	Superamenti (numero ore)											
				Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
	Modena	Parco Ferrari		0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0
	Carpi	Remesina		0	0	0	0	0	10	9	0	0	0	0	0
	Mirandola	Gavello		0	0	0	0	0	9	10	0	0	0	0	0
	Sassuolo	Parco Edilcarani		0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0



## Superamenti Obiettivo a Lungo Termine

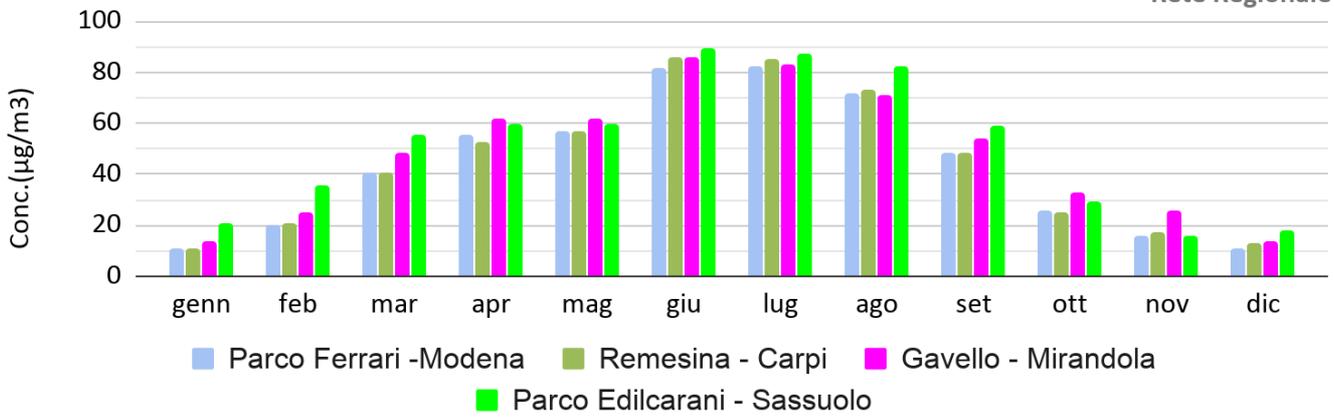
Z o n a	Comune	STAZIONI	T i p o	Superamenti (giorni)											
				Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
	Modena	Parco Ferrari		0	0	0	0	0	18	18	12	2	0	0	0
	Carpi	Remesina		0	0	0	0	0	19	21	13	2	0	0	0
	Mirandola	Gavello		0	0	0	0	0	14	20	12	3	0	0	0
	Sassuolo	Parco Edilcarani		0	0	0	0	0	19	18	15	2	0	0	0

Massimo media mobile 8 ore Rete Regionale



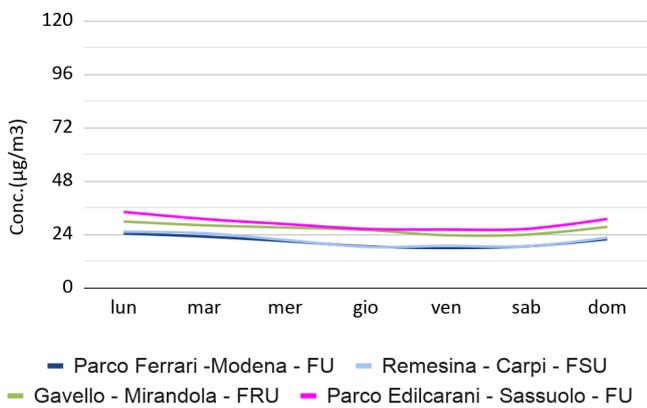
### Andamento medie mensili

Rete Regionale

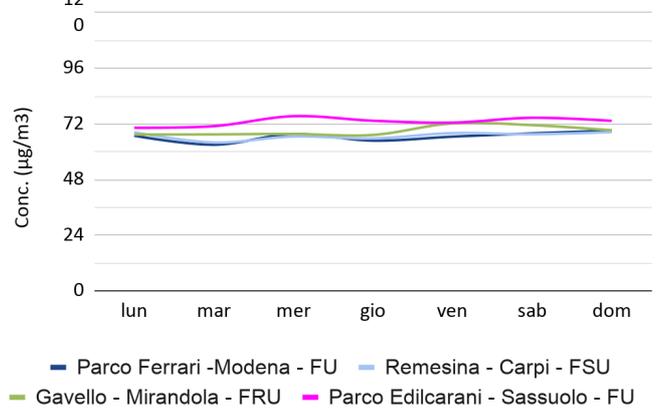


### Settimana Tipo

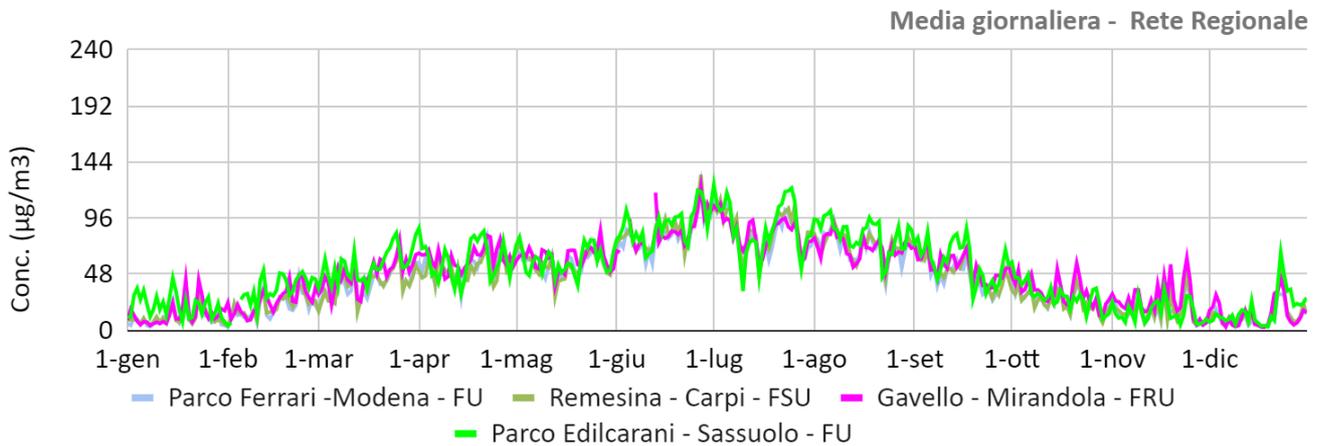
Autunno-Inverno (rete regionale)



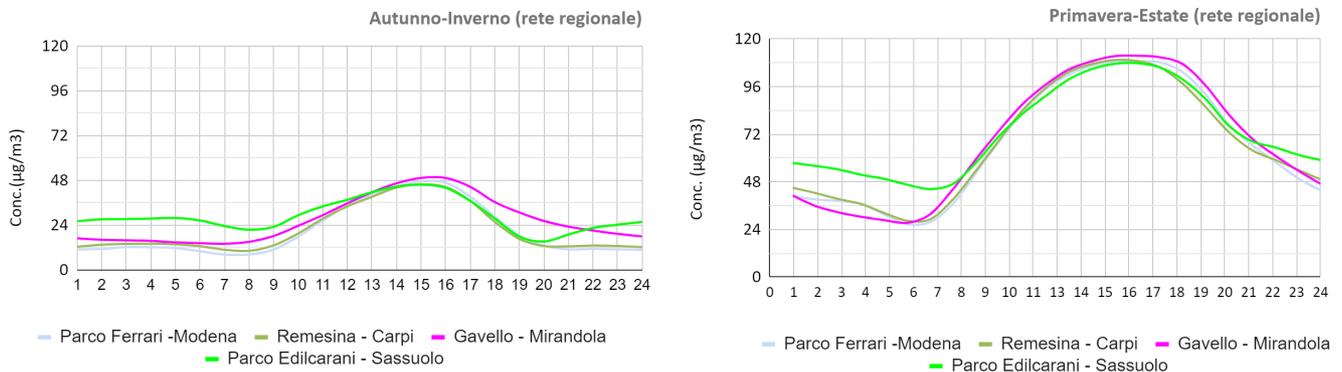
Primavera-Estate (rete regionale)



## Dati giornalieri



## Giorno Tipo



In ragione dell'origine fotochimica di questo inquinante, i massimi valori vengono registrati nei mesi estivi e nelle ore centrali della giornata, in cui l'irraggiamento insieme alla temperatura, è maggiore.

Le rappresentazioni del giorno tipo evidenziano che le concentrazioni risultano più elevate nelle ore pomeridiane della giornata poco dopo le ore di massima insolazione e nelle stagioni calde, caratterizzate da un maggiore numero di giorni in cui è più attiva l'azione della luce solare. Le condizioni di alta pressione e di scarsa ventilazione favoriscono il ristagno degli inquinanti ed il loro accumulo. I profili del giorno tipo sono paragonabili sia in estate che in inverno, con valori marcatamente più elevati nel primo caso.

I valori più elevati vengono registrati dalla stazione di fondo rurale di Mirandola: questo accade in quanto l'ozono prodotto in area urbana viene rimosso fisicamente per trasporto verso aree suburbane e rurali, e in questo modo acquista un tempo di vita superiore a causa del minore inquinamento da ossido di azoto (NO) e può accumularsi raggiungendo valori di concentrazione superiori a quelli urbani. Inoltre in suddette aree, caratterizzate da forte presenza di vegetazione, vengono naturalmente prodotti composti organici, come pinene, limonene, isoprene, che sono fra i più reattivi precursori di ozono.

Oltre a ciò si osserva che nelle ore notturne la stazione di Sassuolo presenta valori più elevati rispetto a quelle poste in area di pianura: questo fenomeno è probabilmente dovuto al fatto che nelle zone pedecollinari, nelle ore notturne, si instaura una brezza di monte, che può trasportare, in alcuni casi, ozono che proviene dagli strati alti dell'atmosfera. Quest'ultimo si può accumulare insieme a quello prodotto da reazioni fotochimiche, e contribuisce a valori, soprattutto notturni, più elevati in collina rispetto alla pianura.

I superamenti della Soglia di Informazione sono stati da 6 a 19 ore, distribuiti nei seguenti giorni: 27 giugno, 1, 2 e 5 luglio, giornate in cui la temperatura massime sono state superiori a 33 °C. Il massimo valore di 228 µg/m<sup>3</sup> è stato misurato a Carpi il pomeriggio del giorno 27 giugno.

I superamenti dell'Obiettivo a lungo termine (massima media mobile delle 8 ore pari a 120 µg/m<sup>3</sup>) sono stati da 49 a 55 giorni, distribuiti soprattutto nei mesi di giugno (18 gg) e luglio (16 gg), meno nel mese di agosto (13) e 2 a settembre.

Non risulta invece mai superata la Soglia di Allarme di 240 µg/m<sup>3</sup>.

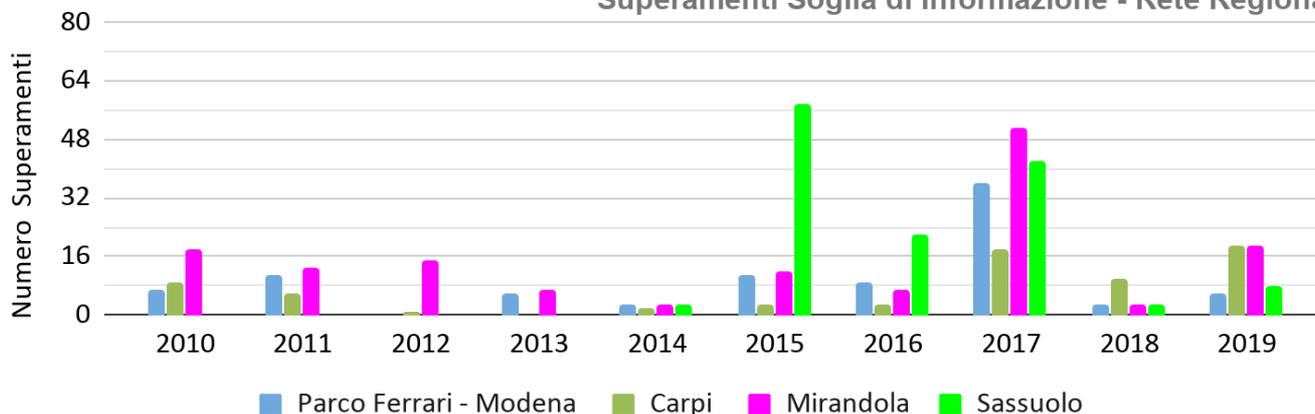
## Trend

### Numero di superamenti della Soglia di Informazione

Zona	Comune	Stazione	Tipo	Numero di ore con superamento della Soglia Informazione									
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
	Modena	Parco Ferrari		7	11	0	6	3	11	9	36	3	6
	Carpi	Remesina		9	6	1	0	2	3	3	18	10	19
	Mirandola	Gavello		18	13	15	7	3	12	7	51	3	19
	Sassuolo	Parco Edilcarani						3	58	22	42	3	8

■ ≤ Valore Limite    ■ > Valore Limite

### Superamenti Soglia di Informazione - Rete Regionale

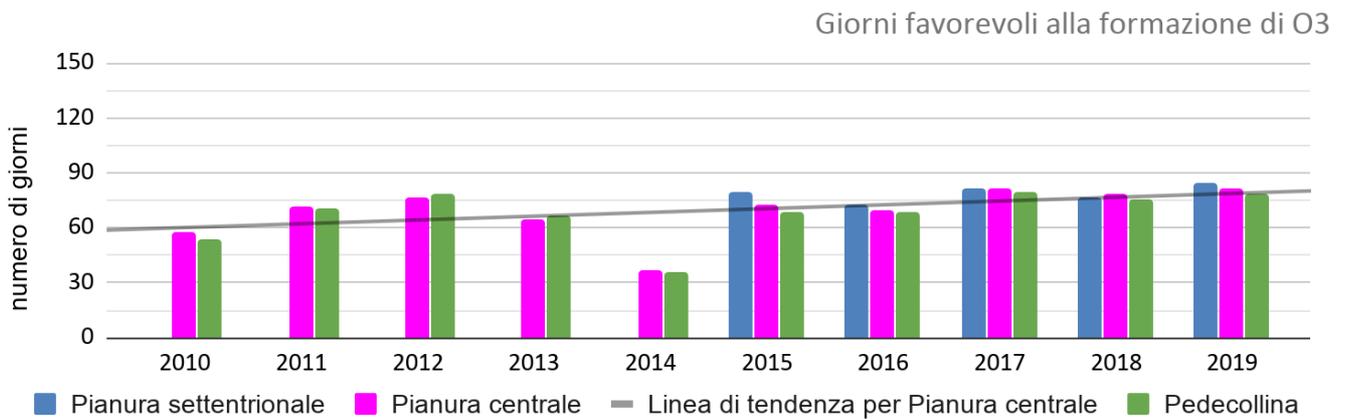
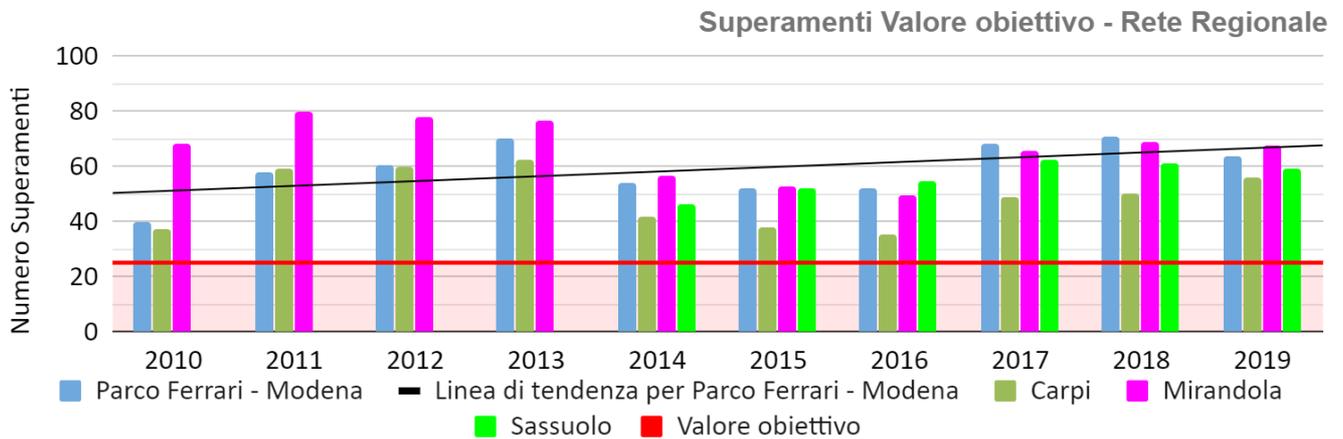


I superamenti della Soglia di Informazione sono molto variabili negli anni e prevalentemente legati alla meteorologia che contraddistingue la stagione estiva, oltre che alla zona in cui è collocata la stazione; risulta quindi molto difficile stabilire un trend dei superamenti.

### Numero di giorni di superamento del Valore Obiettivo

Zona	Comune	Stazione	Tipo	numero di giorni di superamento del Valore Obiettivo (media 3 anni)									
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
	Modena	Parco Ferrari		54	60	60	70	54	52	52	68	71	64
	Carpi	Remesina		44	57	60	63	42	38	35	49	50	56
	Mirandola	Gavello		71	78	78	76	57	53	49	65	69	67
	Sassuolo	Parco Edilcarani						46	52	55	62	61	59

■ ≤ Valore Limite    ■ > Valore Limite



Nel grafico vengono riportati i superamenti del Valore Obiettivo (numero di superamenti dell'Obiettivo a Lungo Termine mediati su 3 anni) a confronto con il Valore Obiettivo di 25 superamenti, massimo indicato dalla normativa per la protezione della salute umana.

Gli anni migliori sono stati il 2014, 2015 e 2016, anche se presentano sempre un valore doppio rispetto al limite.

Il trend dal 2010 al 2019 evidenzia un leggero aumento dei superamenti per la stazione di Parco Ferrari a Modena.

Se prendiamo in considerazione il numero di giorni critici (giornate favorevoli all'accumulo di ozono vedi allegato Meteo 2019 pag.9) si può notare che questi variano da un minimo di 37 del 2014 ad un massimo di 82 del 2019, con un numero medio di 72 gg pari al 22-23% delle giornate del semestre estivo (aprile-settembre). Il trend è in lieve aumento a causa degli anni 2017, 2018 e 2019 che presentano un numero più elevato di giorni favorevoli all'accumulo.

Entrambi i trend, sia quello dei giorni critici che quello dei superamenti del Valore Obiettivo, sono in lieve aumento.

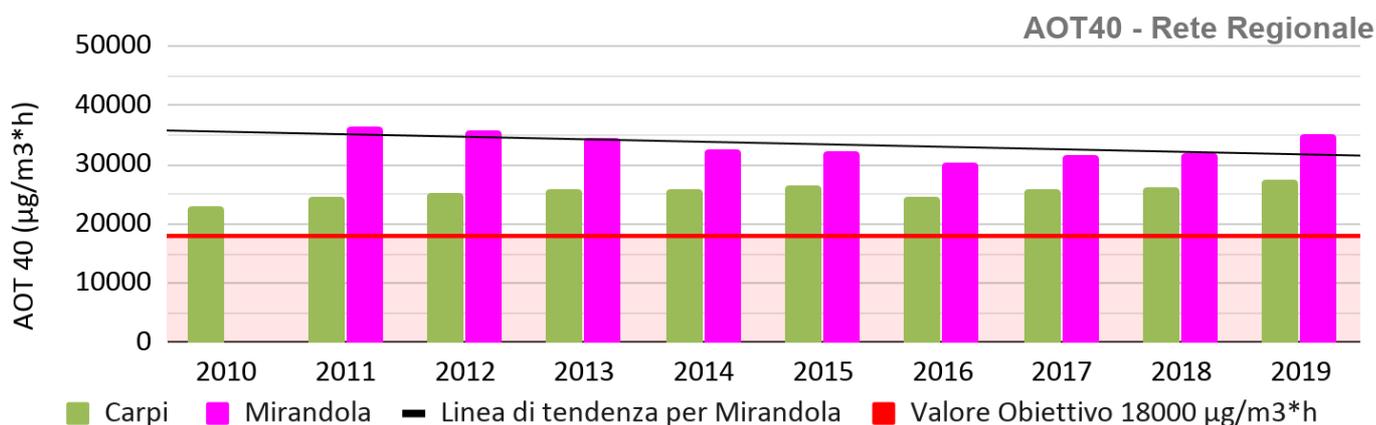
In generale, i livelli di Ozono sono ancora troppo elevati rispetto ai limiti imposti dalla normativa; per quanto detto la soluzione del problema risulta molto più complessa rispetto ad altri inquinanti.

L'unico approccio possibile, volto ad un miglioramento, è quello individuato dal PAIR 2020 che prevede una riduzione delle concentrazioni dei precursori dell'ozono, come indicato nelle Norme tecniche di Attuazione del Piano.

## AOT 40

Zona	Comune	Stazione	Tipo	AOT40 (µg/m³h) media di 5 anni									
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
	Carpi	Remesina		23022	24581	25366	25900	25936	26434	24633	25876	26264	30413
	Mirandola	Gavello			36559	35974	34493	32716	32335	30353	31675	32008	42108

■ ≤ Valore Limite      ■ > Valore Limite



La valutazione di questo indicatore, come sancito dal D.Lgs. 155/10, è limitata alle stazioni di fondo suburbano e rurale, quindi nel calcolo sono state considerate solo le stazioni situate a Carpi e Mirandola.

Nella tabella e nel grafico vengono riportati, per ciascuna stazione, i valori di AOT40 come media di 5 anni (minimo 3 anni), dato da confrontare con il Valore Obiettivo di 18000 µg/m³h come richiesto dalla normativa.

Se si considerano i dati della stazione di Mirandola, dal 2011 al 2019 si può notare un lieve calo, mentre la stazione di Carpi è abbastanza stabile; i dati sono ancora lontani dal valore di 18000 µg/m³h, indicato dalla normativa per la protezione della vegetazione, a conferma della criticità che ancora esiste per questo inquinante.

# Biossido di Azoto NO<sub>2</sub>

Con il termine NO<sub>x</sub> viene indicato genericamente l'insieme dei due più importanti ossidi di azoto a livello di inquinamento atmosferico, ossia l'ossido di azoto (NO) e il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), gas bruno di odore acre e pungente.

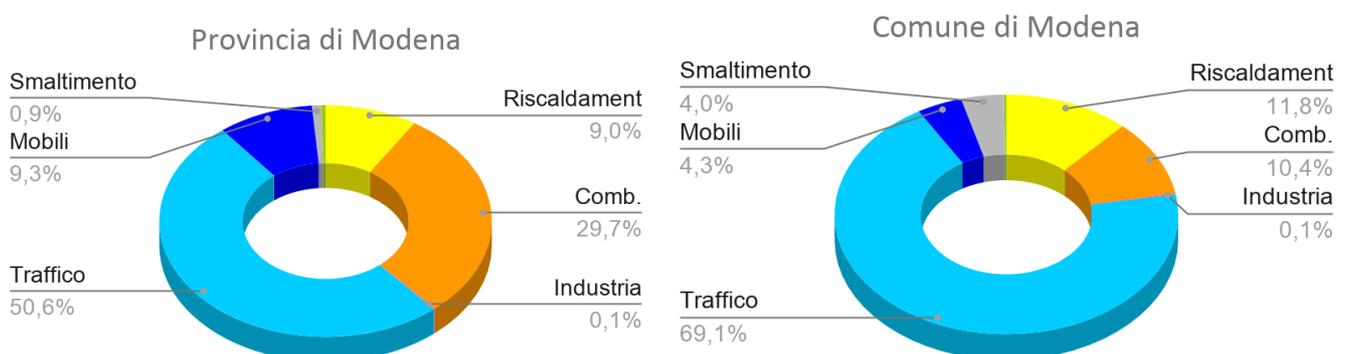
Gli ossidi di azoto giocano un ruolo principale nella formazione dell'ozono e contribuiscono anche alla costituzione di aerosol organico secondario, determinando un aumento della concentrazione di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>.

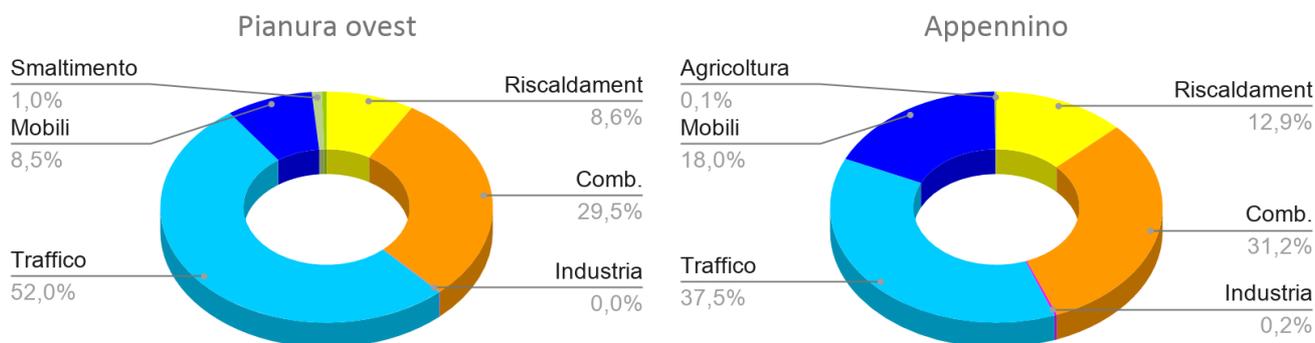
## Processo di generazione

L'ossido di azoto (NO) si forma principalmente per reazione dell'azoto contenuto nell'aria con l'ossigeno atmosferico in processi che avvengono a elevata temperatura. Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) si forma prevalentemente dall'ossidazione del monossido di azoto (NO) e solo in parte viene emesso direttamente.

## Le Emissioni a Modena

Macrosettori		Emissioni di NO <sub>2</sub> (t/anno) in Provincia di Modena			
		Provincia	Comune di Modena	Zona di pianura	Appennino
MS1	Produzione Energia e trasformazione di combustibili	0	0	0	0
MS2	Combustione non industriale	940	216	815	124
MS3	Combustione industriale	3.110	190	2.809	301
MS4	Processi Industriali	6	2	4	2
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0	0
MS6	Uso di solventi	2	0	2	0
MS7	Trasporto su strada	5.307	1.260	4.945	362
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	979	78	805	173
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti	93	74	93	1
MS10	Agricoltura	45	4	44	1
totale		10.482	1.823	9.517	965
			17,4%	90,8%	9,2%





Il contributo del Comune di Modena sulle emissioni totali di NOx della Provincia è del 17%, mentre tutta la zona di pianura ha un impatto del 91 % e la zona B (appennino) contribuisce solo per il 9%.

Se analizziamo le emissioni dei vari macrosettori, possiamo desumere che la fonte principale di NOx è il trasporto su strada (Provincia di Modena 51%, Comune di Modena 69%, Pianura Ovest 52% e Appennino 38%) e dai processi industriali MS3 e MS4 (Provincia di Modena 30%, Comune di Modena 11%, Pianura Ovest 30% e Zona B 31%), segue il Riscaldamento MS2 (Provincia di Modena 9%, Comune Modena 12%, Pianura Ovest 9% e Appennino 13%).

## Limiti di legge

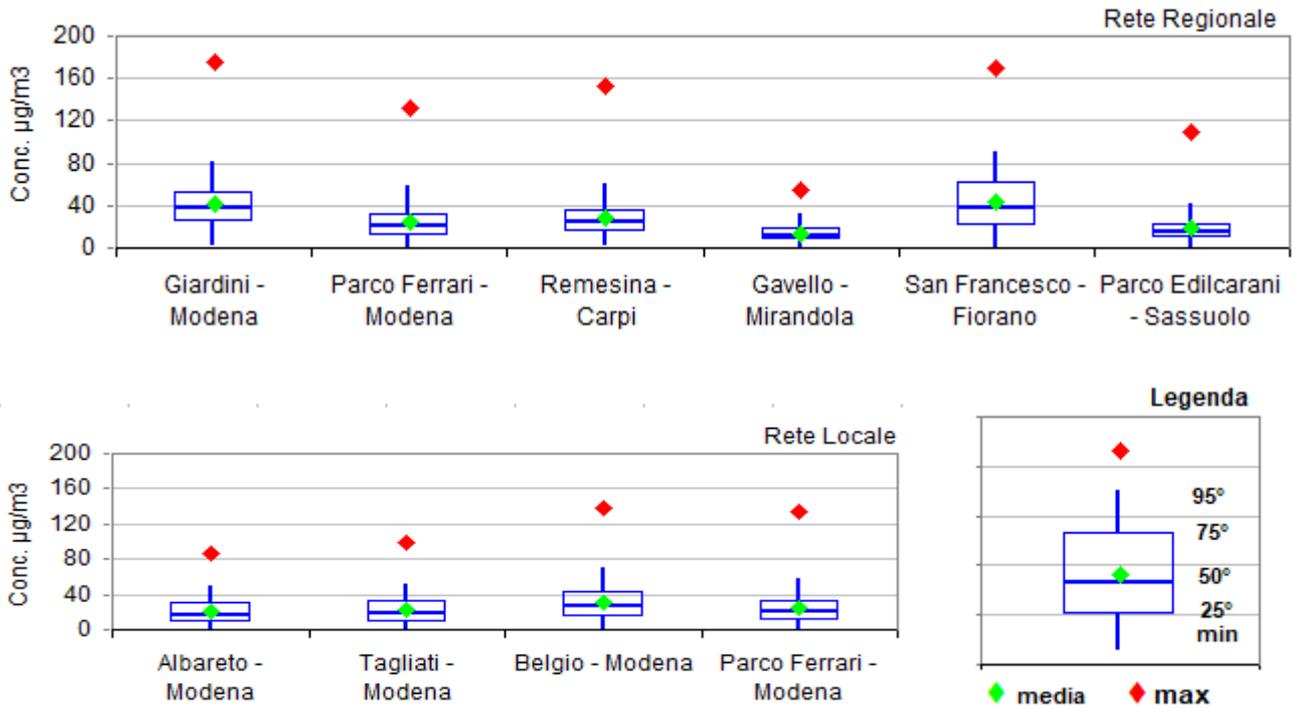
D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Valore Limite orario (da non superare più di 18 volte/anno)	media oraria	200 µg/m <sup>3</sup>
Soglia di Allarme	media oraria (misurata per 3 ore consecutive)	400 µg/m <sup>3</sup>
Valore Limite annuale	media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>

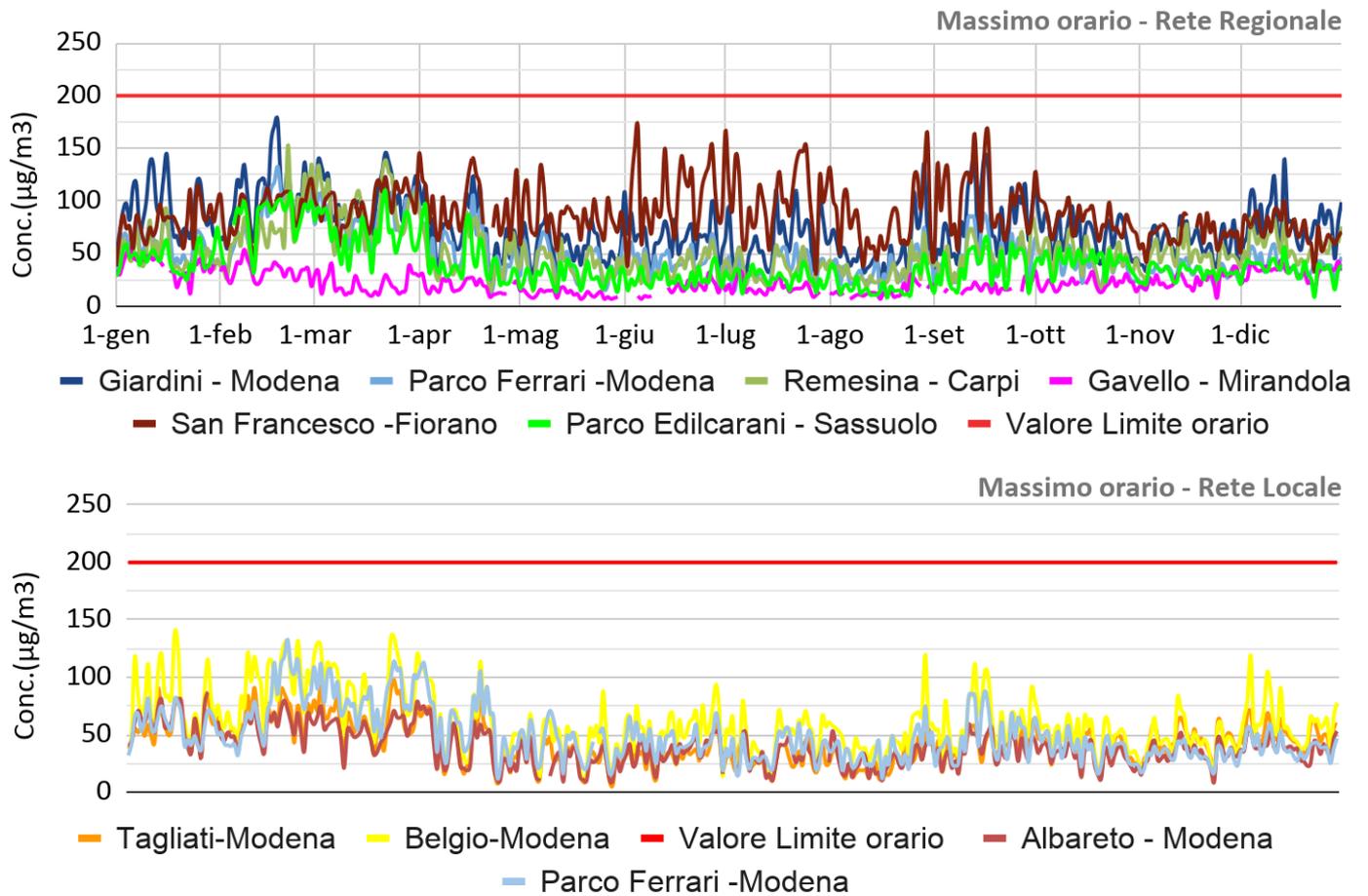
## Analisi dei dati

Z o n a	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni (µg/m <sup>3</sup> )										N° Super ament i VL orario
				Dati Validi (%)	Min	Max	25°	50°	75°	90°	95°	98°	Media Annuale	
Modena	Giardini		100	<8	176	25	12	53	69	81	98	41	0	
	Parco Ferrari		100	<8	133	11	29	33	47	58	73	24	0	
Carpi	Remesina		100	<8	153	15	22	35	50	60	76	28	0	
Mirandola	Gavello		95	<8	55	7	17	18	28	32	38	14	0	
Modena	San Francesco		100	<8	170	20	20	62	80	91	105	43	0	
	Parco Edilcarani		100	<8	110	10	22	23	34	42	55	19	0	
Modena	**Albareto		100	<8	87	8	16	30	43	50	59	21	0	
Modena	**Tagliati		100	<8	98	8	18	32	44	51	60	22	0	
Modena	**Belgio		100	<8	139	14	22	43	59	71	88	31	0	

\*\*Stazioni Locali ■ ≤ Valore Limite    ■ > Valore Limite

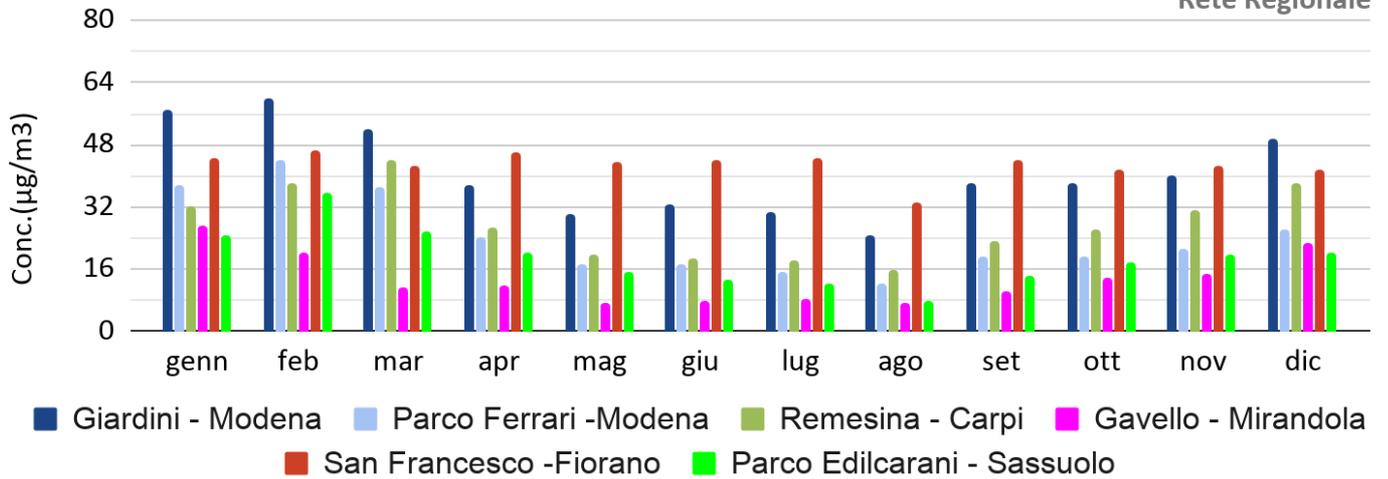


### Superamenti del valore limite orario

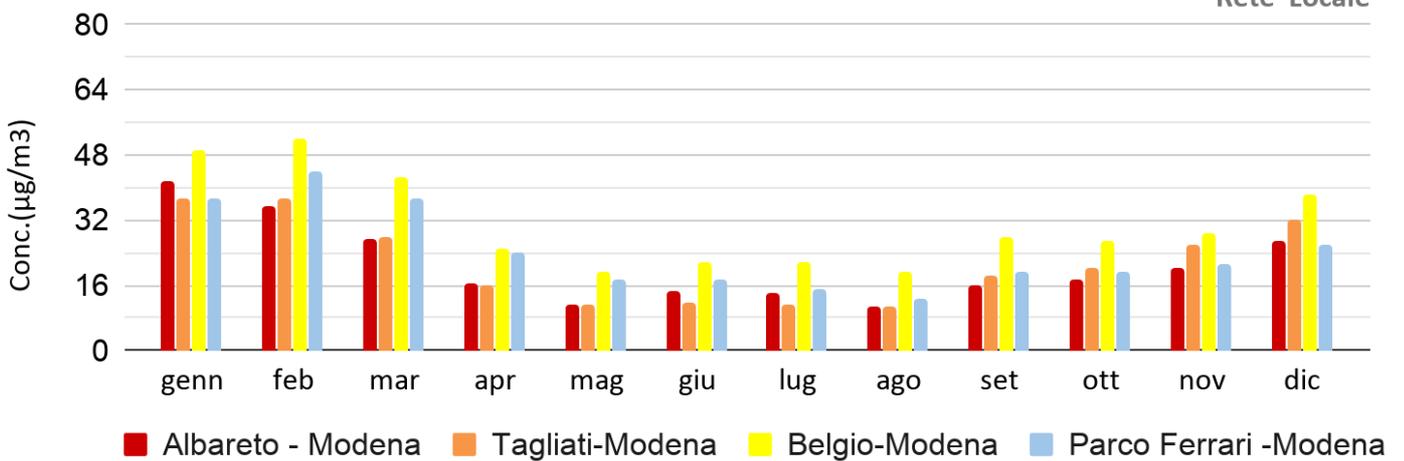


## Andamento dati mensili

Rete Regionale

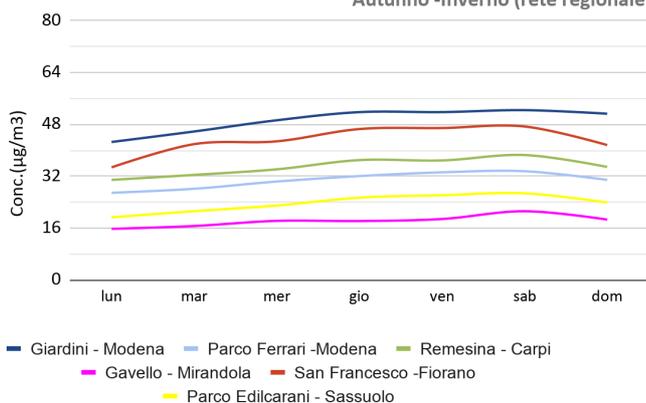


Rete Locale

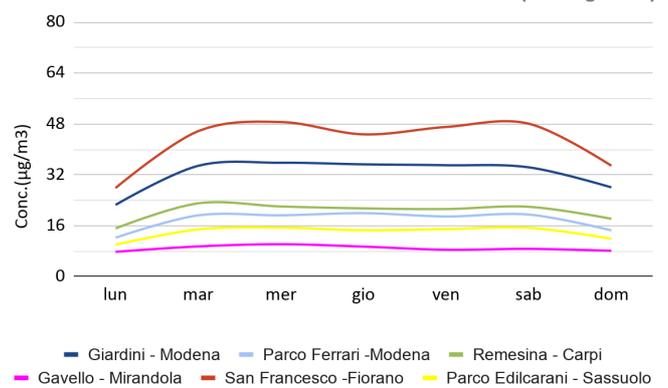


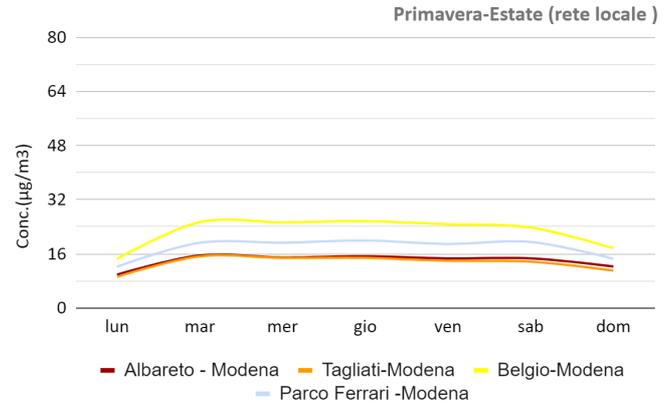
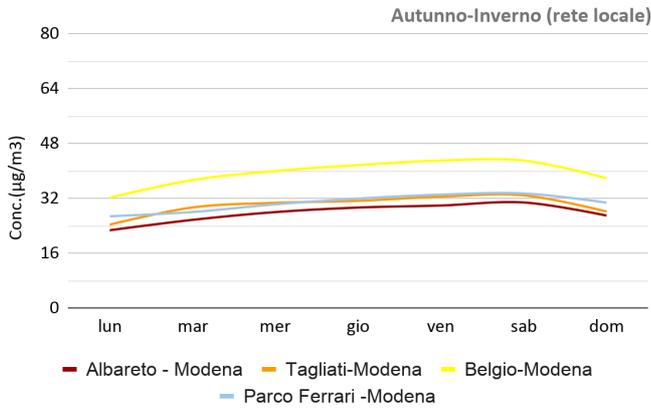
## Settimana tipo

Autunno -Inverno (rete regionale)



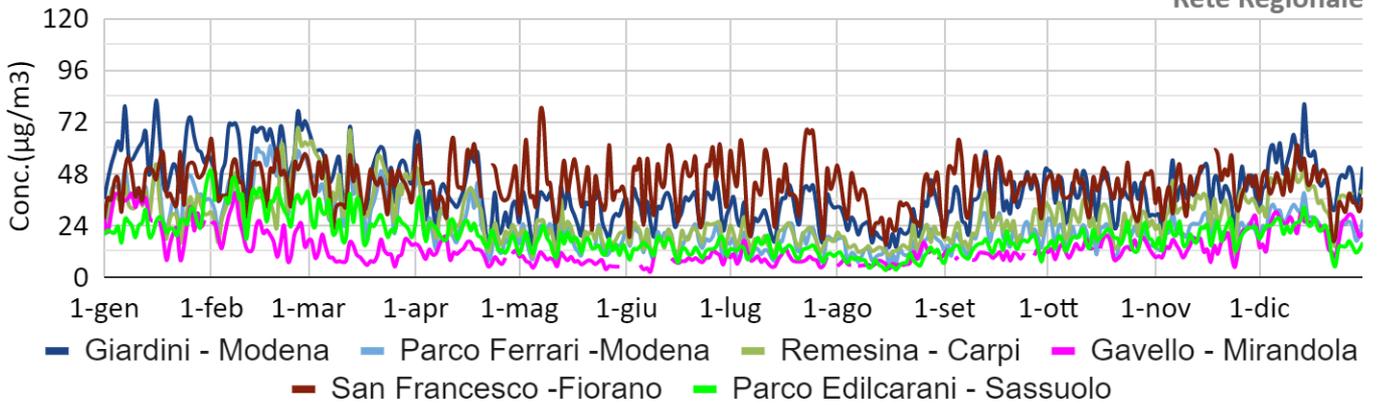
Primavera-Estate (rete regionale)



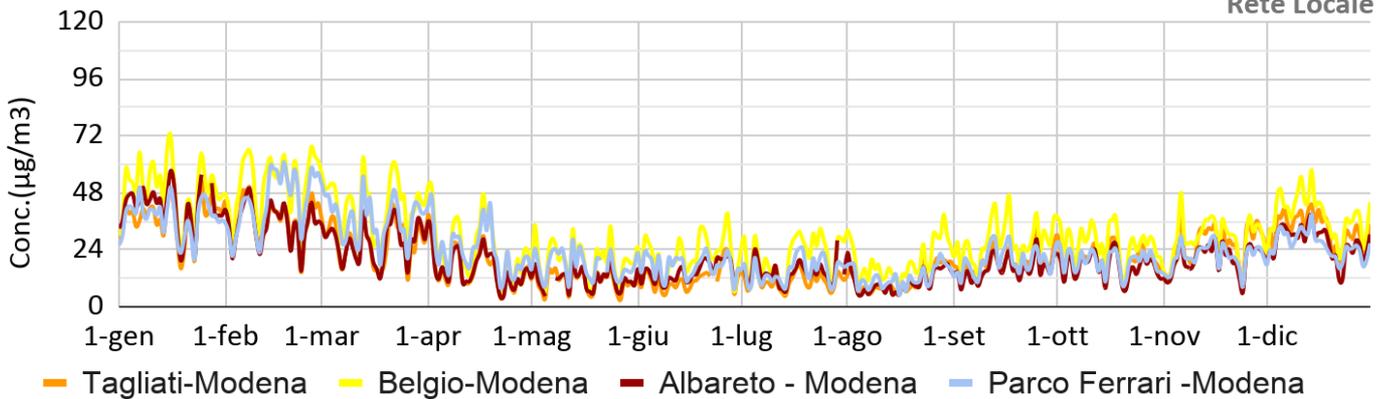


**Dati Giornalieri**

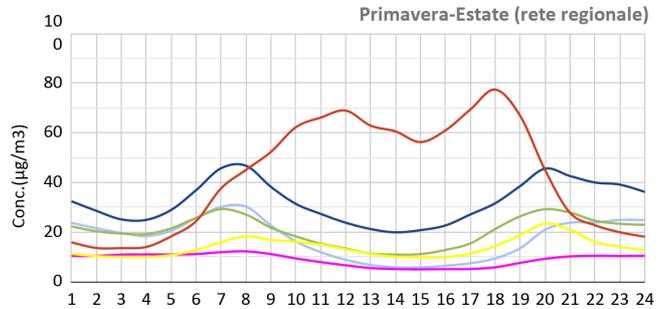
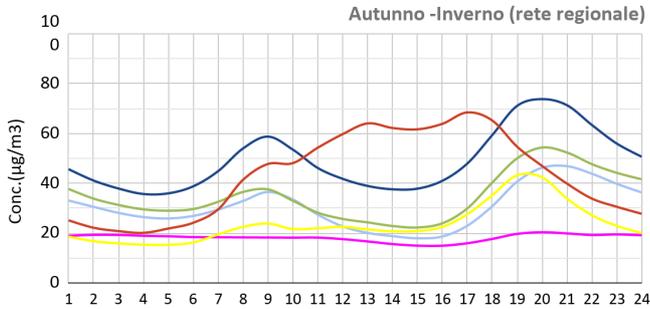
**Rete Regionale**



**Rete Locale**

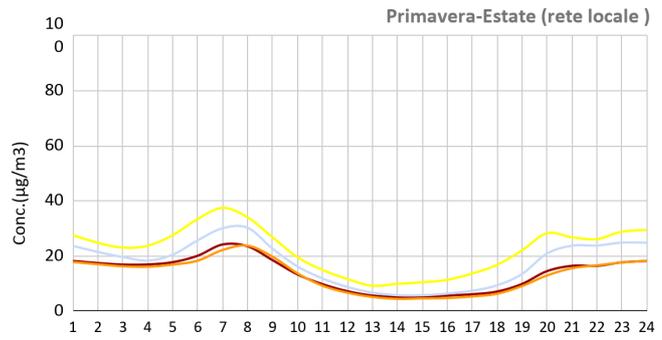
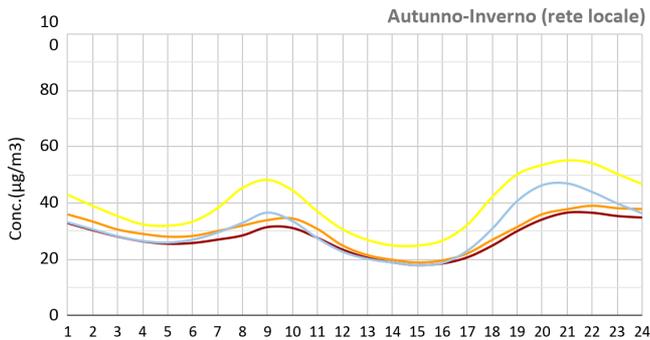


## Giorno Tipo



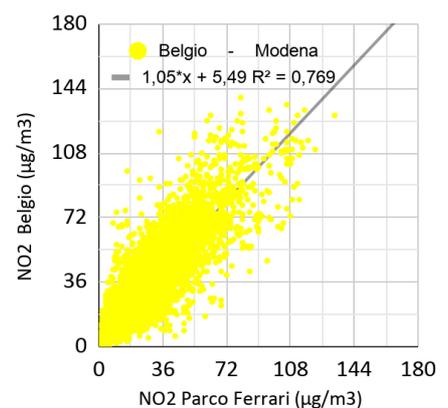
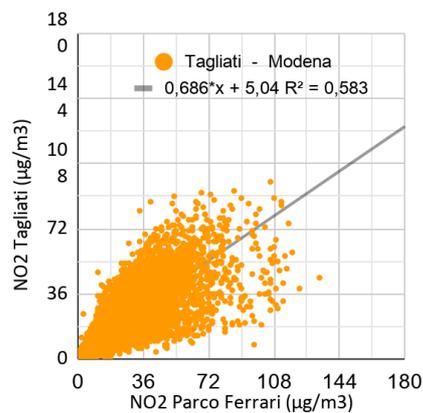
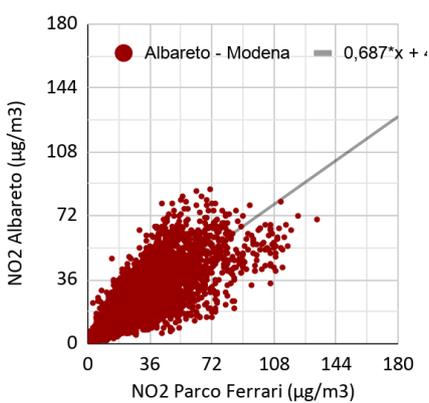
■ Giardini - Modena ■ Parco Ferrari -Modena ■ Remesina - Carpi  
 ■ Gavello - Mirandola ■ San Francesco -Fiorano  
 ■ Parco Edilcarani - Sassuolo

■ Giardini - Modena ■ Parco Ferrari -Modena ■ Remesina - Carpi  
 ■ Gavello - Mirandola ■ San Francesco -Fiorano ■ Parco Edilcarani - Sassuolo



■ Albareto - Modena ■ Tagliati-Modena ■ Belgio-Modena  
 ■ Parco Ferrari -Modena

■ Albareto - Modena ■ Tagliati-Modena ■ Belgio-Modena  
 ■ Parco Ferrari -Modena



Dall'esame dei grafici riportati emerge che la stagione più critica per il biossido di azoto è quella invernale quando la stabilità atmosferica favorisce l'accumulo degli inquinanti. Nella stagione primaverile/estiva si osserva una riduzione generale dei livelli di Biossido d'Azoto ad esclusione di San Francesco; quest'ultima, caratterizzata da una tipologia di traffico legata alle attività produttive/industriali della zona, non evidenzia cali significativi nei diversi mesi dell'anno ad esclusione di agosto quando le attività subiscono un sensibile rallentamento legato alle ferie estive.

Il mese peggiore è risultato essere febbraio con una media complessiva per le stazioni della Rete Regionale di  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e le stazioni peggiori risultano essere quelle maggiormente interessate dai transiti veicolari ossia Giardini a Modena e San Francesco a Fiorano con medie mensili a febbraio rispettivamente di  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fra quelle locali nei mesi di gennaio e febbraio la stazione di Belgio ha misurato livelli medi rispettivamente di  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La settimana tipica mostra sia per la rete regionale che per quella locale, un accumulo progressivo fino alla giornata di sabato, per poi calare la domenica; questa condizione è più evidente nelle stazioni da traffico, in particolare in quella di Fiorano, dove i transiti veicolari sono prevalentemente legati alle attività produttive della zona e nulla per la stazione di Gavello.

Il giorno tipico mostra generalmente un doppio picco nelle ore mattutine e serali in corrispondenza ad un numero maggiore di transiti veicolari relativi ai trasferimenti casa/lavoro ad esclusione della stazione di fondo rurale di Gavello a Mirandola, collocata lontano da fonti di emissioni dirette e i cui dati appaiono piuttosto contenuti e senza variazioni significative nella giornata.

Si segnala inoltre che la stazione di San Francesco a Fiorano segue un andamento non confrontabile con le altre stazioni; in particolare si osserva che le concentrazioni di biossido d'azoto aumentano nelle prime ore del mattino (dalle ore 7) per poi mantenersi costanti nelle ore centrali della giornata e poi registrare un nuovo incremento alle ore 18. Questa condizione è legata alla tipologia di traffico che interessa questa stazione, influenzato prevalentemente dalle attività produttive della zona.

Per le Stazioni Locali il giorno tipico mostra generalmente un doppio picco nelle ore mattutine e serali in corrispondenza ad un numero maggiore di transiti veicolari relativi ai trasferimenti casa/lavoro, con livelli superiori a Belgio rispetto Albareto e Tagliati presumibilmente in quanto collocata in area artigianale/industriale.

Il Valore Limite Orario fissato a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  viene rispettato da tutte le stazioni della rete regionale così come dalle stazioni locali.

Il Valore Limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  non risulta rispettato in 2 stazioni (Giardini  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e San Francesco  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) su 6 della rete regionale, mentre per le stazioni locali non c'è superamento di tale limite.

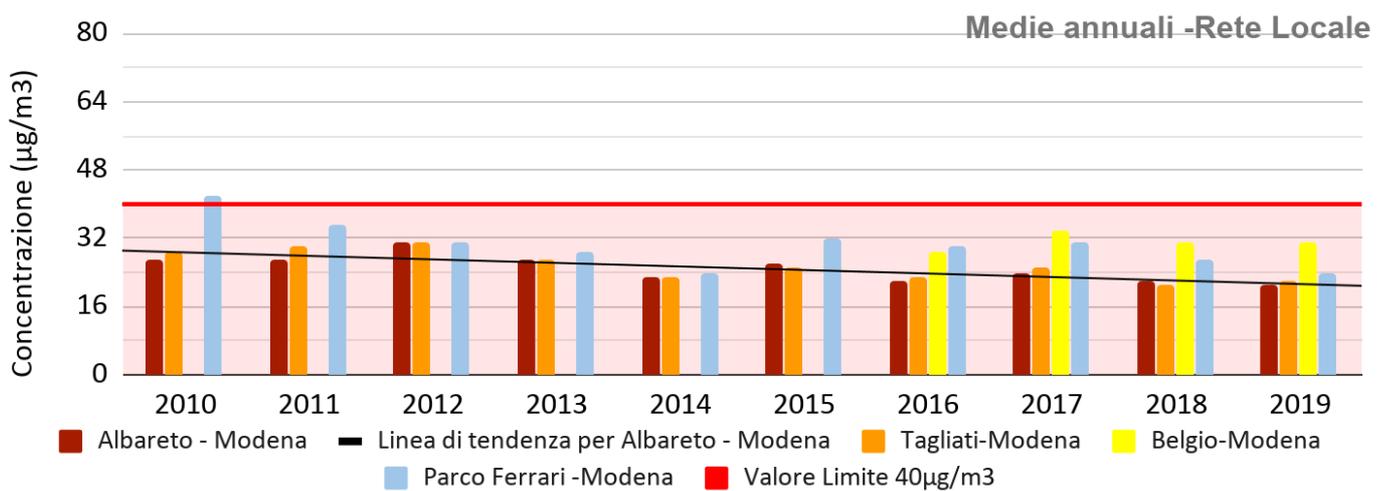
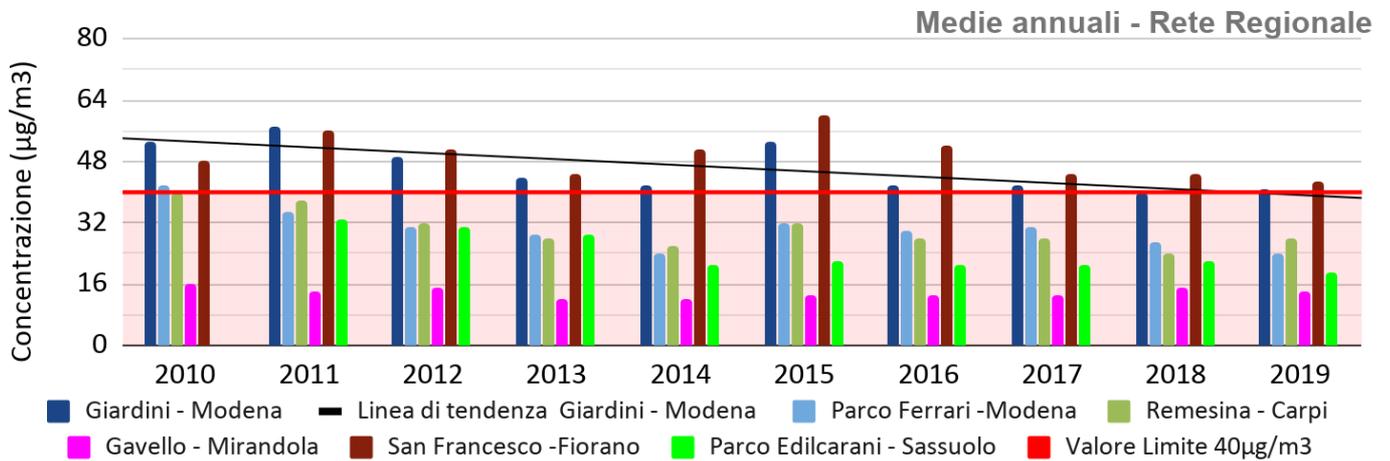
La situazione peggiore tra le stazioni locali è risultata essere Belgio con una media annuale di  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre Albareto e Tagliati hanno registrato una media annuale rispettivamente di  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e di  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Se si confrontano i dati orari delle stazioni della rete locale con quelli della stazione di fondo urbano di Parco Ferrari, si osserva una correlazione debole con coefficienti  $R^2$  inferiori a 0,8 e dati molto dispersi intorno alla linea di tendenza; questa differenza può essere dovuta alla diversa modulazione del traffico e delle altre fonti locali presso le stazioni di monitoraggio. Gli andamenti temporali e gli indicatori statistici rappresentati nei box plots non mostrano comunque scostamenti significativi con quanto si rileva nella stazione di Parco Ferrari, seppur Belgio risulti essere quella con i dati più alti tra le stazioni locali a seguito della sua collocazione in area artigianale-industriale.

## Trend

### Medie annuali

Z o n a	Comune	STAZIONI	Tipo	Media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )									
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
	Modena	Giardini		53	57	49	44	42	53	42	42	40	41
	Modena	Parco Ferrari		42	35	31	29	24	32	30	31	27	24
	Carpi	Remesina		40	38	32	28	26	32	28	28	24	28
	Mirandola	Gavello		16	14	15	12	12	13	13	13	15	14
	Fiorano	San Francesco		48	56	51	45	51	60	52	45	45	43
	Sassuolo	Parco Edilcarani			33	31	29	21	22	21	21	22	19
	Modena	**Albareto		27	27	31	27	23	26	22	24	22	21
	Modena	**Tagliati		29	30	31	27	23	25	23	25	21	22
	Modena	**Belgio									34	31	31
**Stazioni Locali				 $\leq$ Valore Limite  $>$ Valore Limite									



Il trend delle medie annuali, dal 2010 al 2019, mostra complessivamente una diminuzione delle concentrazioni mediamente del 24%; il Valore Limite Annuale fissato a 40 µg/m<sup>3</sup> risulta da diversi anni rispettato da tutte le stazioni ad esclusione di quelle da traffico di Giardini a Modena e San Francesco dove questo indicatore risulta ancora critico. Per quanto riguarda la stazione di fondo rurale di Gavello a Mirandola le concentrazioni medie annuali appaiono sempre piuttosto contenute ed inoltre non si osservano variazioni significative negli anni di questo inquinante.

Analogo andamento si osserva per le Stazioni Locali che evidenziano una riduzione delle concentrazioni, a partire dal 2010, mediamente del 23%; in questo caso la stazione peggiore risulta essere Belgio, collocata in ambito artigianale/industriale. Per tutte le Stazioni Locali il Valore Limite Annuale fissato a 40 µg/m<sup>3</sup> risulta, negli anni, sempre rispettato.

# Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni

Il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) appartiene alla classe dei composti organici volatili, infatti a temperatura ambiente volatilizza assai facilmente, cioè passa dalla fase liquida a quella gassosa; è un costituente naturale del petrolio e ha un caratteristico odore aromatico pungente.

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) classifica il benzene come sostanza cancerogena di classe I, in grado di produrre varie forme di leucemia. La classe I corrisponde ad una evidenza di cancerogenicità per l'uomo di livello "sufficiente".

## Processo di generazione

In passato il benzene è stato ampiamente utilizzato come solvente in molteplici attività industriali e artigianali (produzione di gomma, plastica, inchiostri e vernici, nell'industria calzaturiera, nella stampa a rotocalco, nell'estrazione di oli e grassi etc.). La maggior parte del benzene oggi prodotto (85%) trova impiego nella chimica come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta utilizzati per produrre plastiche, resine, detergenti, fitofarmaci, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. Il benzene è, inoltre, contenuto nelle benzine, nelle quali viene aggiunto, insieme ad altri composti aromatici, per conferire le volute proprietà antidetonanti e per aumentare il "numero di ottani", in sostituzione totale (benzina verde) o parziale (benzina super) dei composti del piombo.

## Limiti di legge

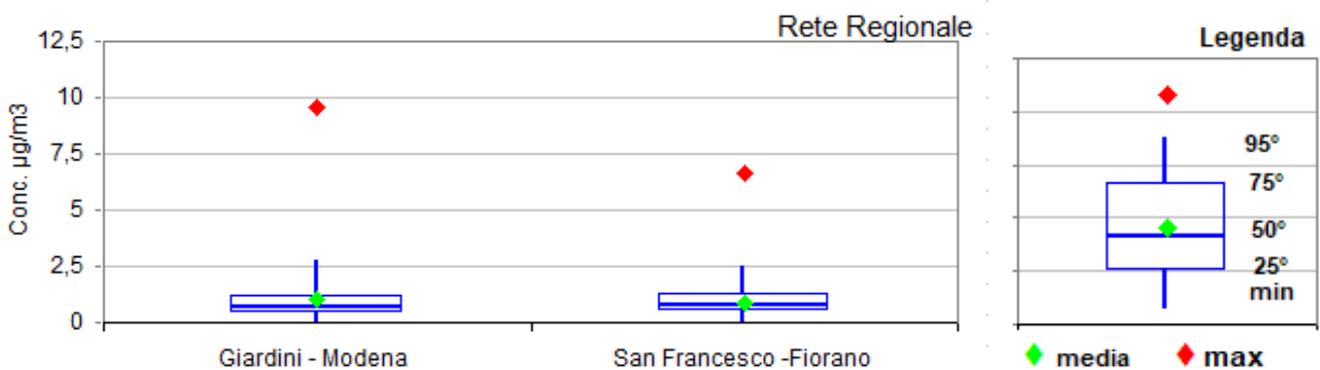
D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Valore Limite annuale	media annuale	5 µg/m <sup>3</sup>
-----------------------	---------------	---------------------

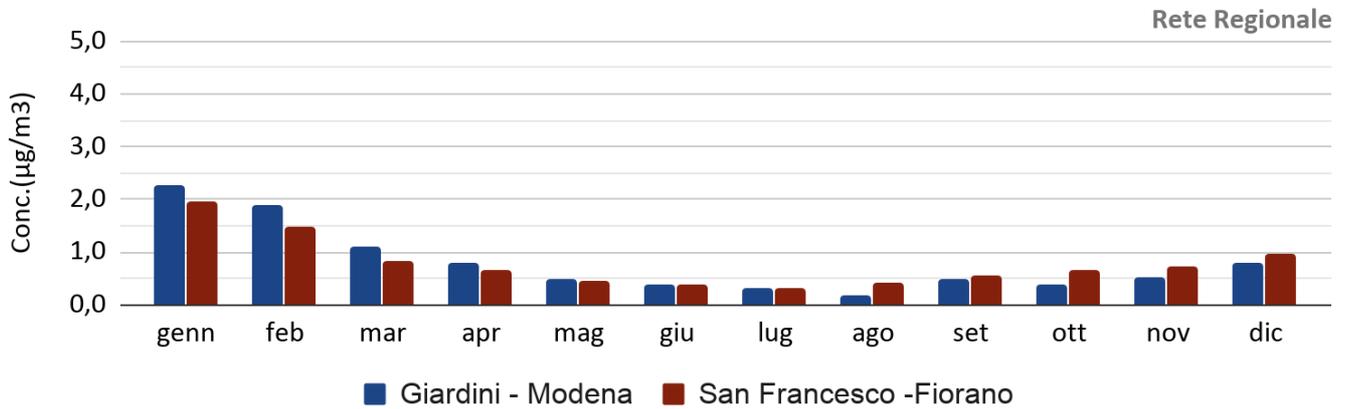
## Analisi dati

Z o n a	Comune	STAZIONI	Tipo	Dati Validi (%)	Concentrazioni (µg/m <sup>3</sup> )								
					Min	Max	25°	50°	75°	90°	95°	98°	Media Annuale
	Modena	Giardini		96	0,1	9,6	0,4	2,0	1,2	2,0	2,8	3,9	1,0
	Fiorano	San Francesco		93	<0.1	6,6	0,4	0,7	1,2	1,9	2,4	3,1	0,9

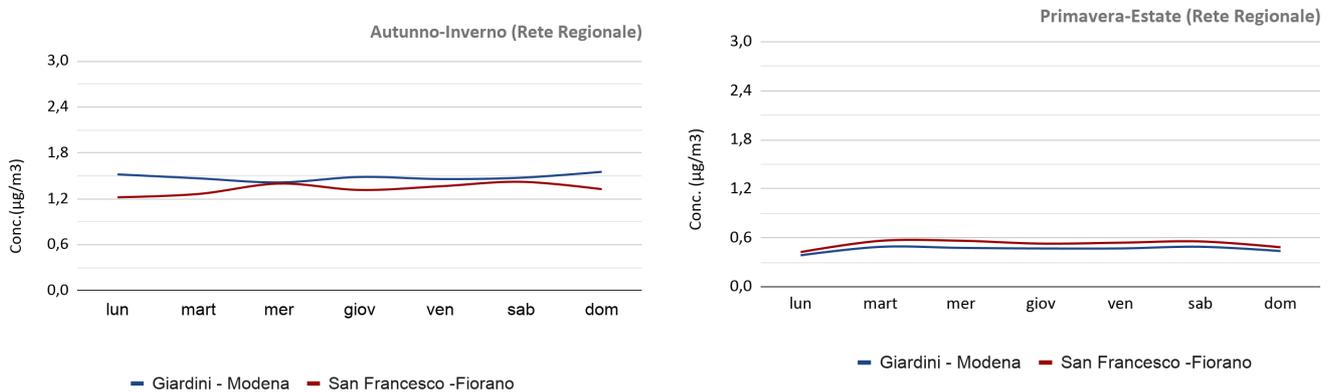
■ ≤ Valore Limite      ■ > Valore Limite



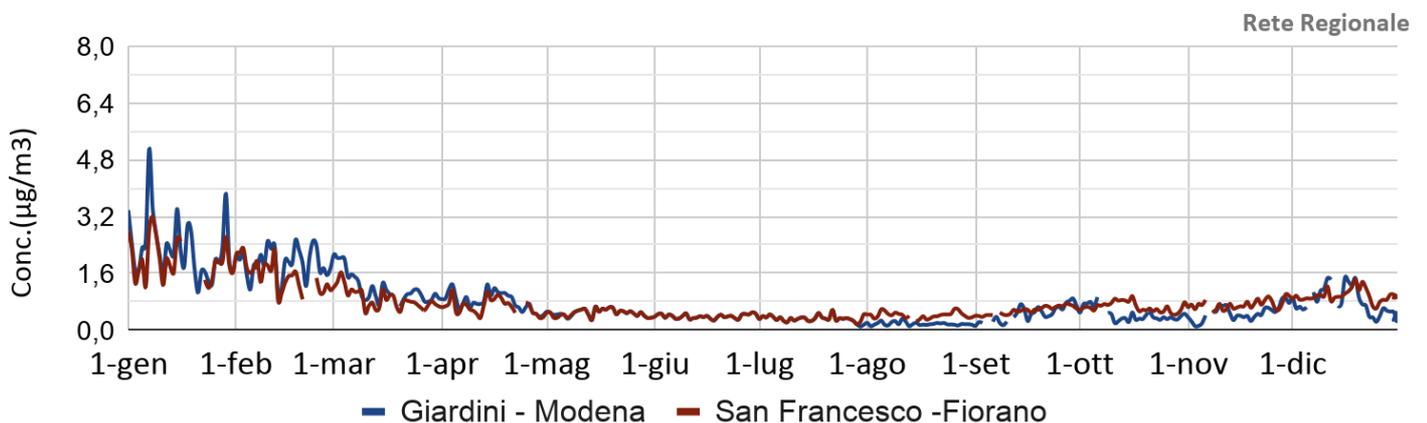
## Andamento medie mensili



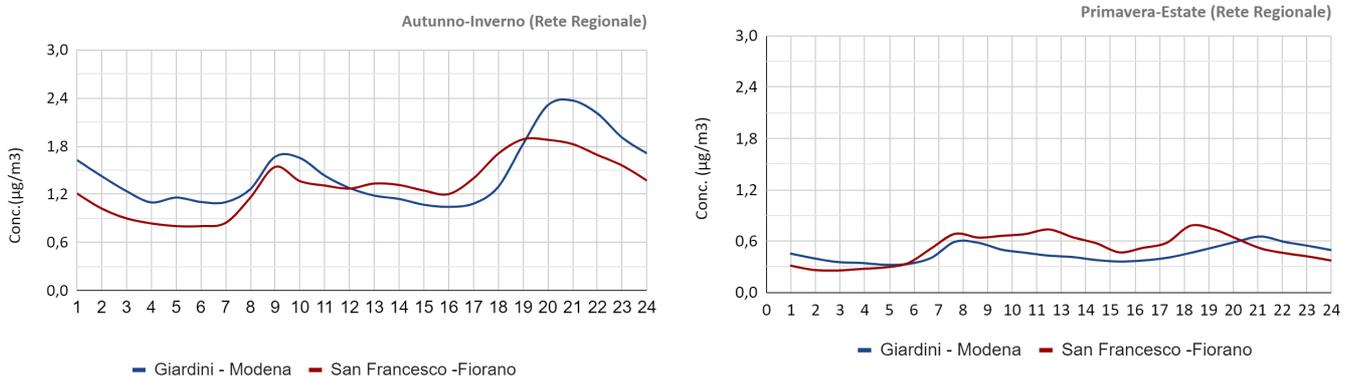
## Settimana tipo



## Dati giornalieri



## Giorno Tipo



Dall'esame dei grafici emerge che la stagione invernale si rileva maggiormente critica; nei mesi estivi i livelli di Benzene risultano estremamente bassi e prossimi al limite di rilevabilità strumentale.

Le stazioni di Giardini e San Francesco mostrano concentrazioni analoghe di Benzene.

La settimana tipica non mostra differenze sostanziali sia tra le due stazioni che nelle diverse giornate

Il giorno tipico autunno-invernale evidenzia generalmente un doppio picco corrispondente alle ore mattutine e serali caratterizzate da maggiori transiti veicolari legati agli spostamenti casa - lavoro. Tale andamento, evidente per la stazione di Giardini a Modena (30000 veicoli/gg), risulta più contenuto per la stazione di San Francesco (26000 veicoli/gg) caratterizzata da un traffico di tipo industriale, sostenuto anche nelle ore centrali della giornata.

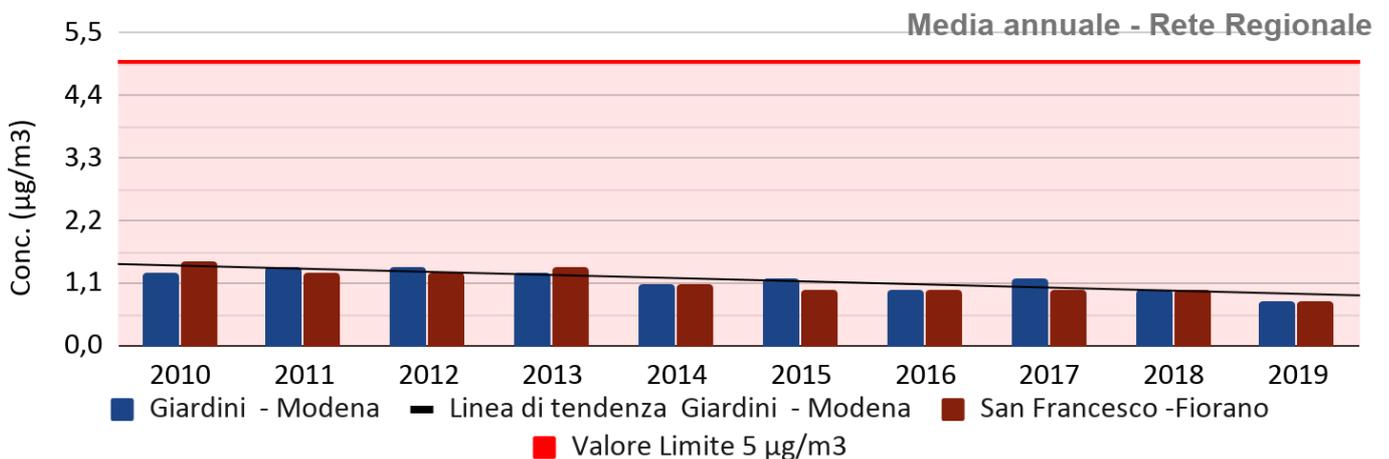
Il Valore Limite Annuale fissato di 5 µg/m<sup>3</sup> risulta ampiamente rispettato.

## Trend

### Medie annuali

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni (µg/m <sup>3</sup> )									
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
	Modena	Giardini		1,3	1,4	1,4	1,3	1,1	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0
	Fiorano	San Francesco		1,5	1,3	1,3	1,4	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9

■ ≤ Valore Limite      ■ > Valore Limite



Le concentrazioni medie annuali di Benzene confermano anche per il 2019 il trend in diminuzione che si registra già da diversi anni; non si segnalano criticità a carico di questo inquinante che ha ormai raggiunto livelli molto contenuti pari a circa un quinto del Valore Limite Annuale.

## Toluene, Etilbenzene e Xileni

Di seguito si riportano alcune elaborazioni sui dati di altri composti aromatici analizzati presso le stazioni da traffico di Giardini a Modena e San Francesco a Fiorano: si precisa che per Toluene, Etilbenzene e Xileni la normativa italiana non prevede Valori Limite in aria ambiente. Nella tabella seguente si riportano alcuni riferimenti internazionali sui livelli di esposizione.

### Valori Guida Internazionali

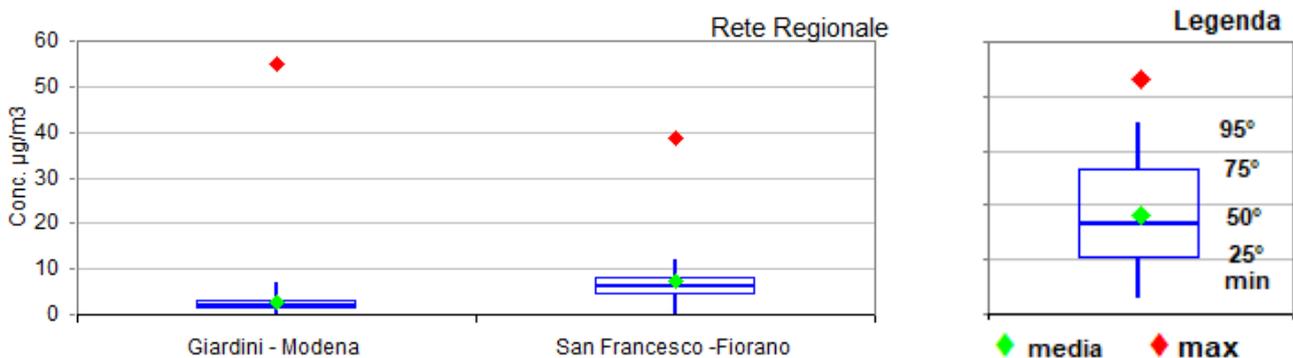
Composto	Valore Guida	Periodo	Fonte
Toluene	260 µg/m <sup>3</sup>	media settimanale	WHO - Air Quality Guide lines - Anno 2000
Xileni	4800 µg/m <sup>3</sup>	media 24 ore	WHO - International Programme of Chemical Safety - Anno 1997
	870 µg/m <sup>3</sup>	media annuale	
Etil Benzene	*RfC: 1000 µg/m <sup>3</sup>	media 24 ore	EPA - Integrated Risk Information System - Anno 1991

\*RfC= Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure

## Toluene

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni (µg/m <sup>3</sup> )								Media annuale (µg/m <sup>3</sup> )
					min	max	25°	50°	75°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		96	0,2	54,8	1,2	1,8	3,1	5,1	6,9	9,8	2,6
	Fiorano	San Francesco		93	0,9	38,8	5,2	6,9	9,1	11,3	12,9	14,9	7,4

Valore Guida: media settimanale WHO - Air Quality Guide lines (Anno 2000): 260 µg/m<sup>3</sup>

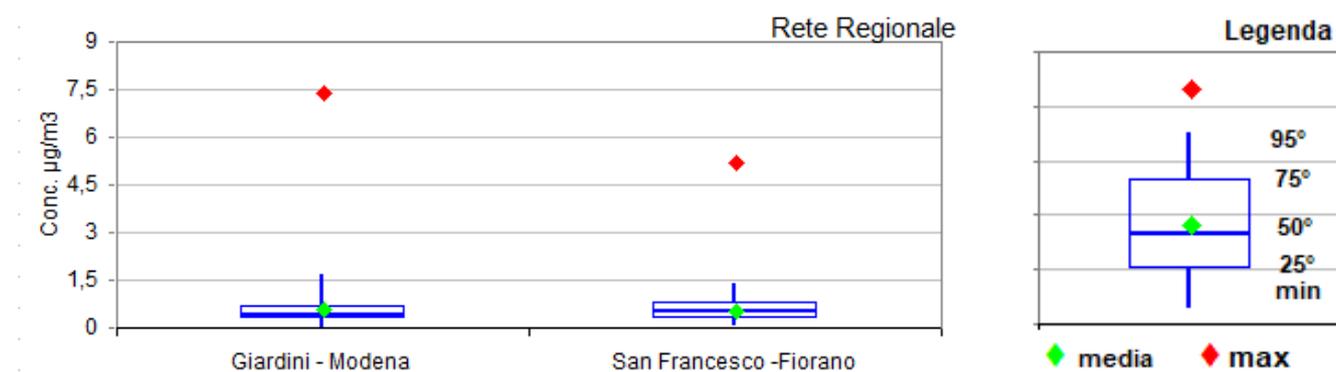


I dati di Toluene rilevati a Fiorano, seppur molto contenuti rispetto a quanto indicato dai valori Guida Internazionali (260 µg/m<sup>3</sup> media settimanale) sono leggermente più alti rispetto a quanto misurato a Modena.

## Etilbenzene

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )								Media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
					min	max	25°	50°	75°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		87	<0,1	7,4	0,3	0,4	0,7	1,1	1,7	2,5	0,6
	Fiorano	San Francesco		86	<0,1	5,2	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,6	0,5

Valore Guida: \*RfC= Reference Concentration for Chronic Inalation Exposure media giornaliera EPA – Integrated Risk Information System (Anno 1991): 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

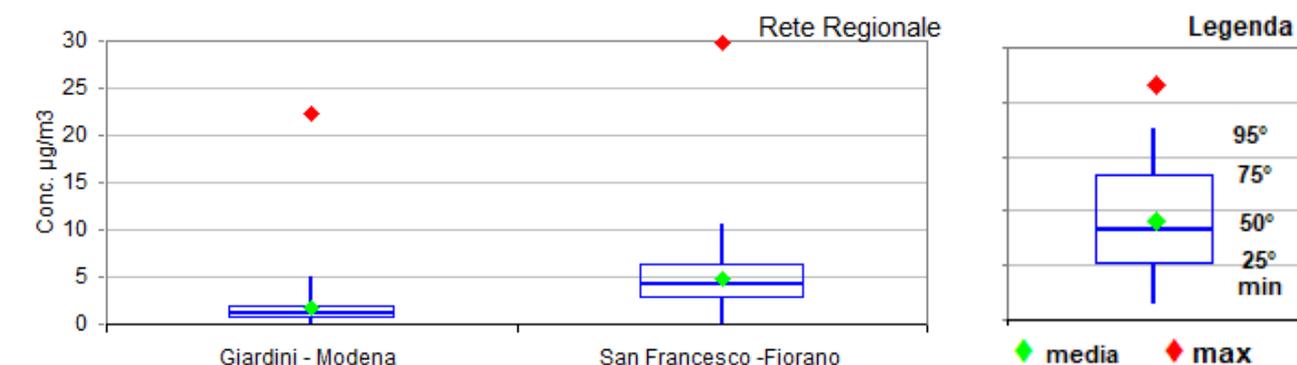


I dati di Etilbenzene sono estremamente contenuti rispetto a quanto indicato dai valori Guida Internazionali (1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  media giornaliera) e lievemente superiori a Giardini nei valori massimi.

## Xileni

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )								Media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
					min	max	25°	50°	75°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		94	<0,1	22,4	0,6	1,1	2,0	3,4	5,0	7,4	1,7
	Fiorano	San Francesco		92	<0,1	29,8	2,7	4,3	6,4	8,7	10,5	13,0	4,9

Valore Guida: media giornaliera WHO – International Programme of Chemical Safety (Anno 1997): 4800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



I dati di Xileni rilevati a Fiorano, seppur molto contenuti rispetto a quanto indicato dai valori Guida Internazionali (4800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  media giornaliera) sono leggermente più alti rispetto a quanto misurato a Modena.

# Monossido di Carbonio CO

Il monossido di carbonio è un tipico prodotto derivante dalla combustione; è incolore e inodore.

Il CO (monossido di carbonio) si forma durante la combustione in difetto di aria e, cioè, quando il quantitativo di ossigeno non è sufficiente per ossidare completamente le sostanze organiche.

A bassissime dosi il CO non è pericoloso, ma già a livelli di concentrazione nel sangue pari al 10-20% il soggetto avverte i primi sintomi dovuti all'esposizione di monossido di carbonio, quali lieve emicrania e stanchezza.

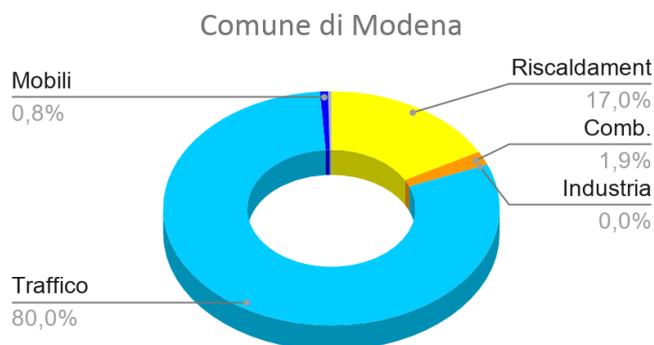
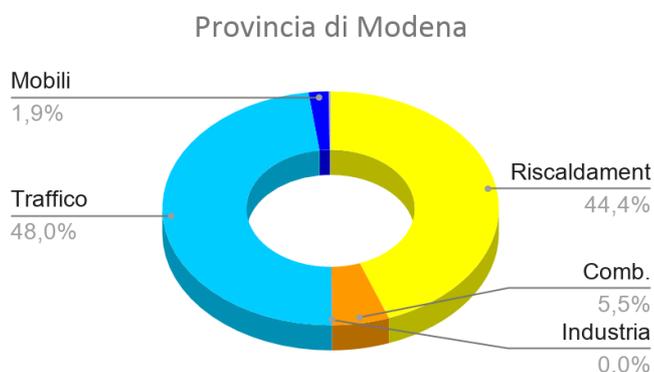
## Processo di generazione

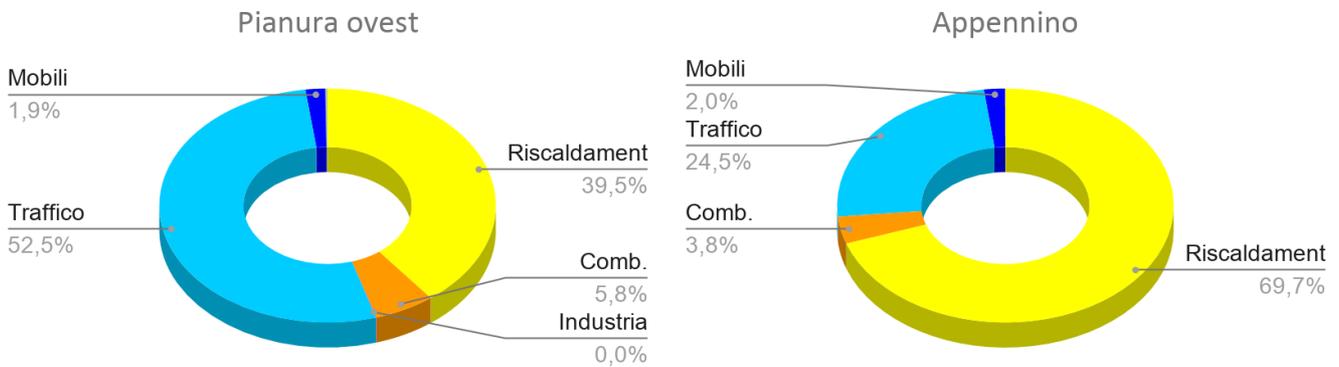
La principale sorgente di CO è storicamente rappresentata dal traffico veicolare (circa l'80% delle emissioni a livello mondiale), essendo presente, in particolare, nei gas di scarico dei veicoli a benzina.

La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente connessa alle condizioni di funzionamento del motore: si registrano concentrazioni più elevate con motore al minimo e in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato. La continua evoluzione delle tecnologie utilizzate ha comunque permesso di ridurre al minimo la presenza di questo inquinante in aria.

## Le Emissioni a Modena

Macrosettori		Emissioni di CO (t/anno) in Provincia di Modena			
		Provincia	Comune di Modena	Zona di pianura	Appennino
MS1	Produzione Energia e trasformazione di combustibili	0	0	0	0
MS2	Combustione non industriale	7.868	548	5.877	1.991
MS3	Combustione industriale	974	62	866	107
MS4	Processi Industriali	5	0	5	0
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0	0
MS6	Uso di solventi	0	0	0	0
MS7	Trasporto su strada	8.513	2.582	7.815	698
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	339	25	282	58
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti	34	10	33	1
MS10	Agricoltura	0	0	0	0
totale		17.733	3.227	14.878	2.855
		%	18,2%	83,9%	16,1%





Il contributo del Comune di Modena sulle emissioni totali di CO della Provincia è del 18%, mentre tutta la zona di pianura ha un impatto del 84 % e la zona B (appennino) contribuisce solo per il 16,1%.

Se analizziamo le emissioni dei vari macrosettori, possiamo desumere che la fonte principale di CO è il trasporto su strada (Provincia di Modena 48%, Comune di Modena 80%, Pianura Ovest 53% e Appennino 25%) e dal Riscaldamento MS2 (Provincia di Modena 44%, Comune Modena 17%, Pianura Ovest 40% e Appennino 70%) seguono i processi industriali MS3 e MS4 (Provincia di Modena 6%, Comune di Modena 2%, Pianura Ovest 6% e Zona B 4%),

## Limiti di legge

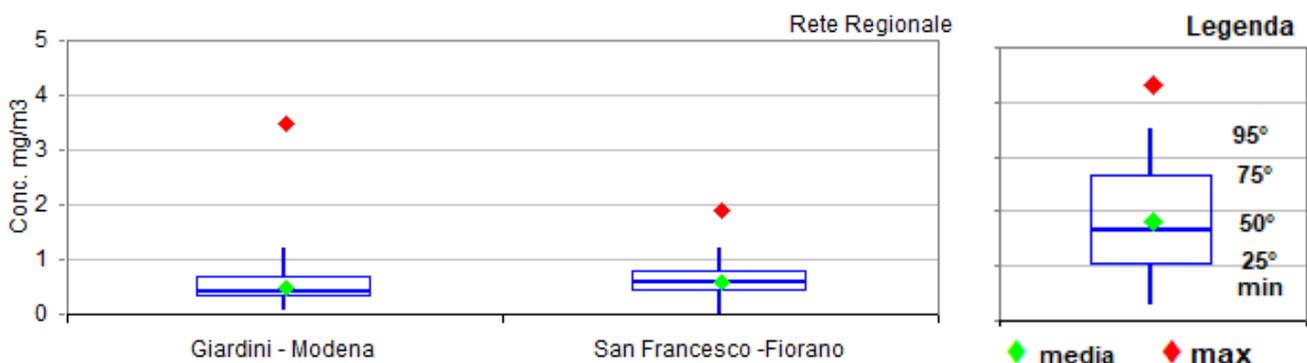
D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Valore Limite orario	massima media mobile 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>
----------------------	----------------------------	----------------------

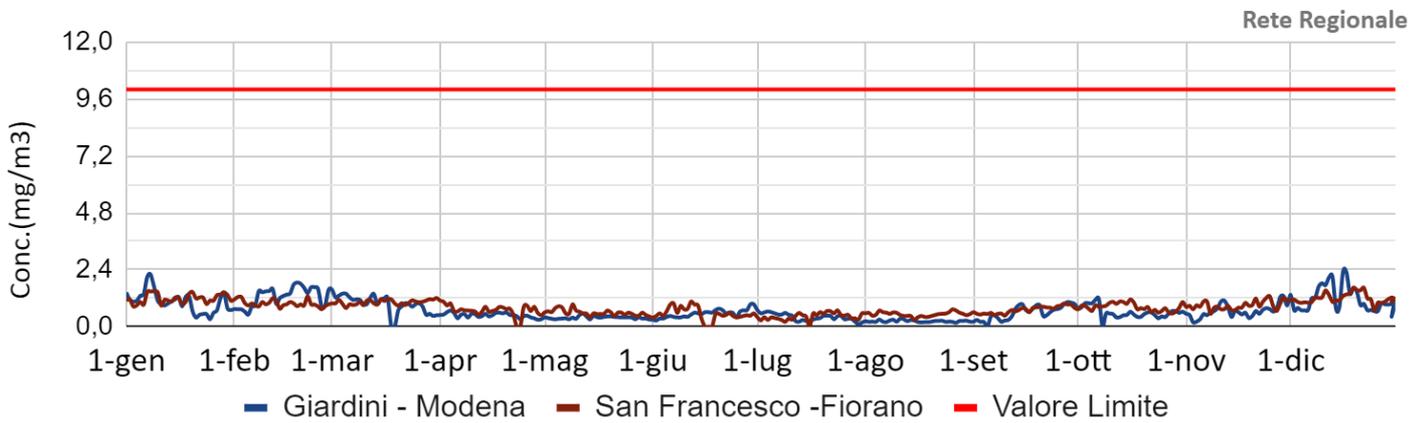
## Analisi dati

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Dati Validi (%)	Concentrazioni (mg/m <sup>3</sup> )										Massima media mobile 8 ore (mg/m <sup>3</sup> )
					Min	Max	Media	25°	50°	75°	90°	95°	98°		
	Modena	Giardini		98	<0,4	3,5	0,5	0,3	1,1	0,7	1,0	1,2	1,5	2,3	
	Fiorano	San Francesco		100	<0,4	1,9	0,6	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,7	

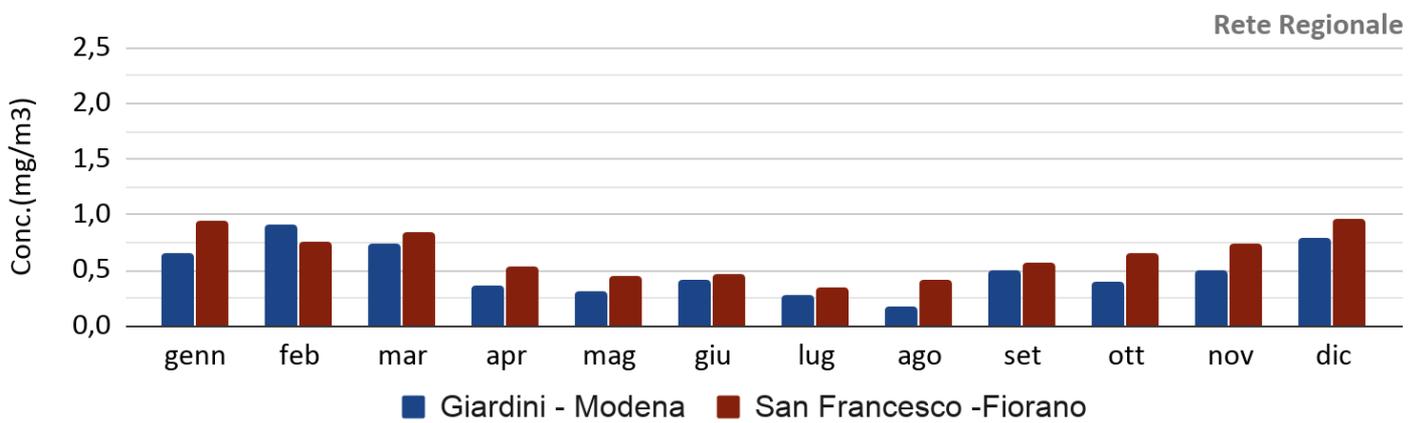
■ ≤ Valore Limite      ■ > Valore Limite



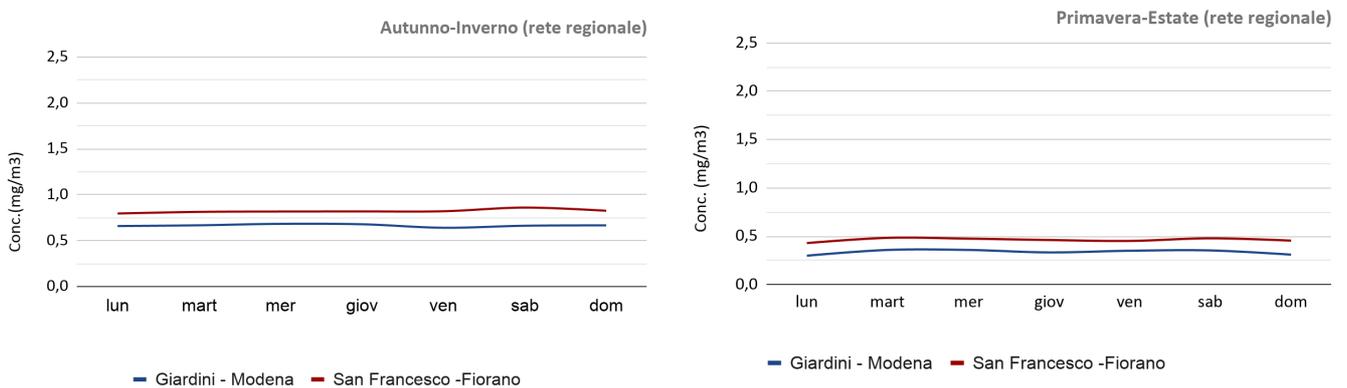
## Superamenti



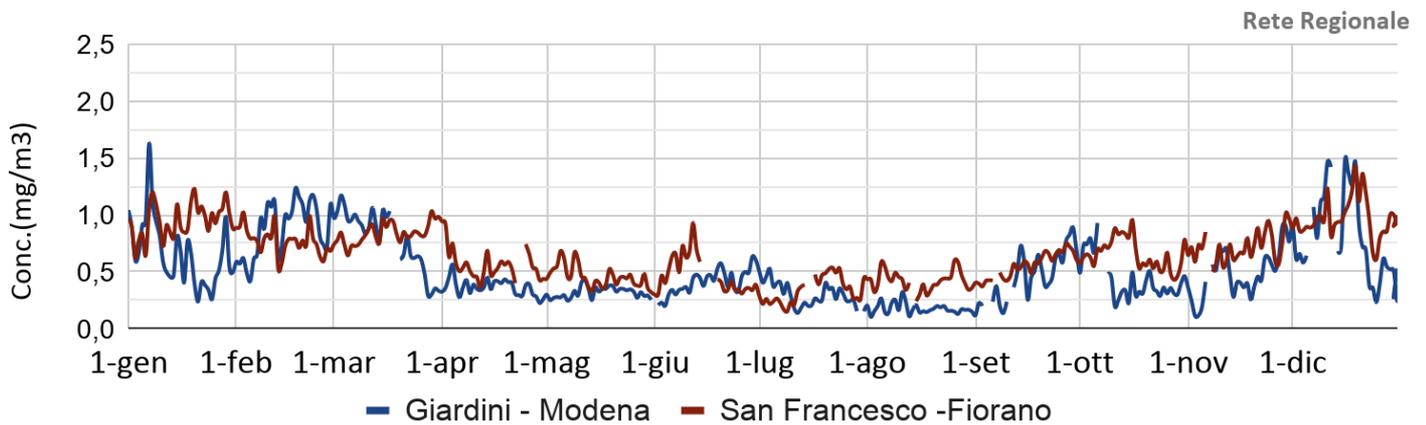
## Andamento medie mensili



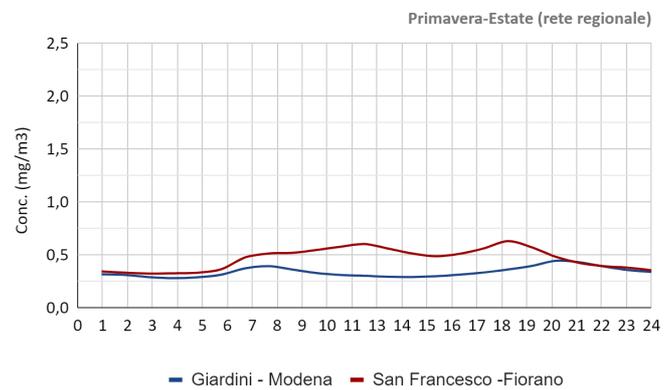
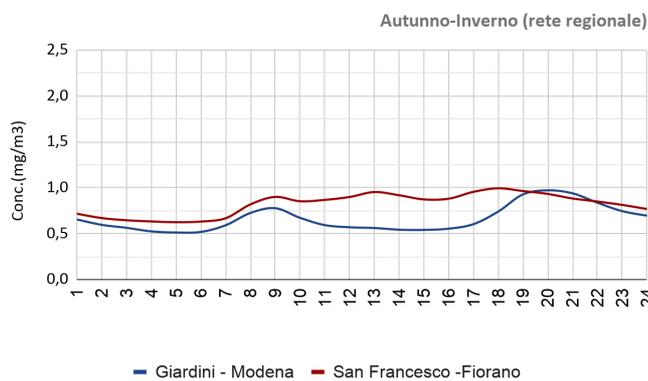
## Settimana tipo



## Dati Giornalieri



## Giorno tipo



I mesi in cui si registrano i dati più alti di monossido di carbonio, sono quelli invernali, caratterizzati da elevata stabilità atmosferica, spesso con inversione termica in quota e scarsa ventilazione: queste condizioni sono sfavorevoli per la dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Il grafico del giorno tipico presenta due picchi, al mattino e alla sera, nelle ore di maggior transito veicolare; nelle ore centrali si assiste ad un calo delle concentrazioni nella stazione di Giardini mentre nelle stesse ore, a San Francesco, stazione esposta ad un traffico legato alle attività produttive della zona, i livelli di questo inquinante rimangono costanti.

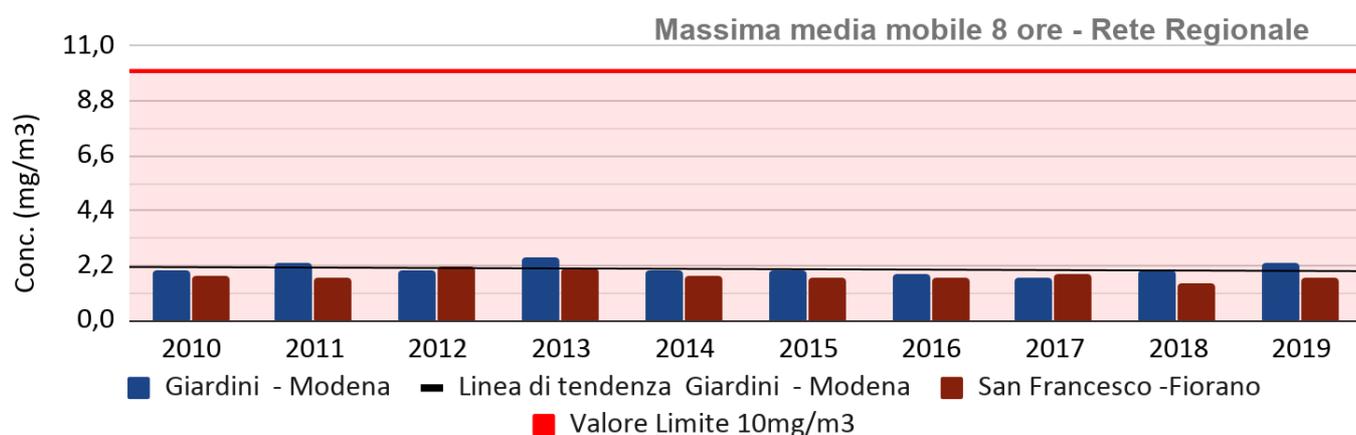
Il Valore Limite Annuale fissato a 10 mg/m<sup>3</sup> calcolato come media mobile delle 8 ore risulta ampiamente rispettato, nel 2019 tale indicatore è risultato pari a 2.3 mg/m<sup>3</sup> per la stazione di Giardini a Modena e 1.7 mg/m<sup>3</sup> per la stazione di San Francesco a Fiorano. Non si rilevano pertanto criticità a carico di questo inquinante.

## Trend

### Medie annuali

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni (mg/m <sup>3</sup> )									
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
	Modena	Giardini		2,0	2,3	2	2,5	2,0	2,0	1,9	1,7	2,0	2,3
	Fiorano	San Francesco		1,8	1,7	2,2	2,1	1,8	1,7	1,7	1,9	1,5	1,7

■ ≤ Valore Limite    ■ > Valore Limite



Il trend relativo al valore massimo della media mobile su 8 ore evidenzia una sostanziale stabilità dei valori misurati, tanto che questo inquinante, allo stato attuale, non presenta più alcuna criticità e, in considerazione di questo, l'attuale configurazione della Rete di Monitoraggio prevede la misura del monossido di carbonio solo nelle stazioni da traffico, ove è più alta la sua concentrazione.

# Indice sintetico della Qualità dell'aria (IQA)

## Che cos'è

L'inquinamento atmosferico è un importante fattore di rischio per la salute umana, Al fine di comunicare alla popolazione in modo semplice e immediato il livello qualitativo dell'aria che si respira, Arpa Emilia-Romagna, sulla base di precedenti esperienze attuate anche in altre regioni europee, ha realizzato un **Indice di Qualità dell'Aria (IQA)** che rappresenta sinteticamente lo stato dell'inquinamento atmosferico.

Gli inquinanti solitamente inclusi nella definizione degli indici di qualità dell'aria sono quelli che hanno effetti a breve termine, quali il monossido di carbonio (CO), il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), l'ozono (O<sub>3</sub>), il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), il particolato (PTS, PM<sub>10</sub> o PM<sub>2,5</sub> a seconda delle dimensioni). Gli indici trovano applicazione nella comunicazione quotidiana alla popolazione per evitare esposizioni a concentrazioni di inquinanti che possano dare effetti sanitari immediati, prevalentemente di tipo cardiovascolare o respiratorio.

L'indice realizzato per l'Emilia-Romagna considera, tra gli inquinanti con effetti a breve termine, il PM10, l'NO<sub>2</sub> e l'O<sub>3</sub>, in quanto sono quelli che nella nostra regione presentano le maggiori criticità. Sono stati invece esclusi il CO e l'SO<sub>2</sub> le cui concentrazioni, negli ultimi decenni, hanno subito una drastica diminuzione, tanto da essere ormai stabilmente e ampiamente sotto i limiti di legge.

Per ogni inquinante viene calcolato un sottoindice, ottenuto dividendo la concentrazione misurata per il relativo limite previsto dalla legislazione per la protezione della salute umana (nel caso di più limiti si è scelto il più basso) e moltiplicando il valore ottenuto per 100.

In linea con l'approccio adottato dalla maggior parte degli indici utilizzati a livello internazionale, si è scelto di definire il valore dell'indice sintetico come il valore del sottoindice peggiore

La tabella che segue riporta i limiti che sono stati utilizzati per il calcolo dei tre sottoindici.

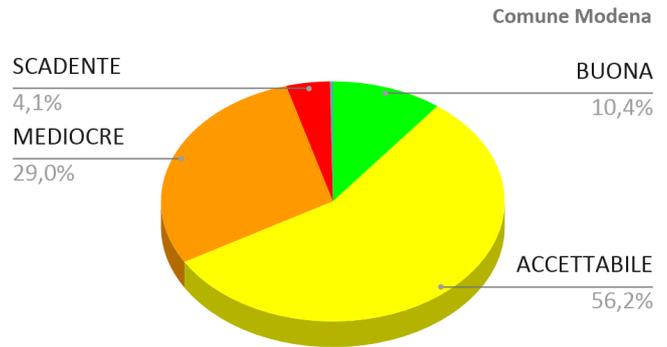
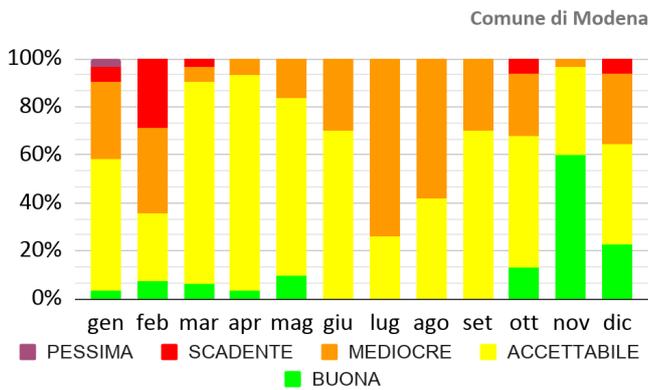
### L'IQA qui rappresentato è stato calcolato mediando i dati delle stazioni collocate nel Comune di Modena.

La scelta è dovuta al fatto che essendoci in ogni capoluogo lo stesso numero e tipologia di stazione, IQA di ogni provincia è confrontabile con le altre della regione Emilia Romagna.

Inquinante	Indicatore di riferimento	Valore
PM <sub>10</sub>	Media giornaliera	50 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Valore massimo della media mobile su 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Valore massimo orario	200 µg/m <sup>3</sup>

## Analisi dei dati

Classe di qualità	Scala cromatica	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	IQA
BUONA	<50	1	2	2	1	3	0	0	0	0	4	18	7	38
ACCETTABILE	50-99	17	8	26	27	23	21	8	13	21	17	11	13	205
MEDIOCRE	100-149	10	10	2	2	5	9	23	18	9	8	1	9	106
SCADENTE	150-199	2	8	1	0	0	0	0	0	0	2	0	2	15
PESSIMA	>200	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1



L'Indice di qualità dell'aria nell'anno 2019 è risultato:

- **“Buona”, per un totale di 38 giornate corrispondenti al 10,4% dell'anno.**  
 I mesi che hanno presentato il maggior numero di giornate con qualità “Buona”, sono stati novembre con 18 giorni, seguono dicembre con 7 e ottobre con 4.
- **“Accettabile”, per un totale di 205 giornate corrispondenti al 56,2% dell'anno.**  
 I mesi che hanno presentato il maggior numero di giornate con qualità “Accettabile” sono stati marzo con 26 gg, aprile con 27 gg e maggio con 23..
- **“Mediocre”, per un totale di 106 giornate corrispondenti al 29,0 % dell'anno.**  
 Il mese con il numero maggiore di giornate di qualità “Mediocre” è stato luglio con 23 gg, agosto con 18 gg e gennaio e febbraio con 10. Nei mesi invernali ciò che rende la qualità dell'aria “Mediocre” sono gli alti valori di polveri PM<sub>10</sub> che superano il Valore Limite giornaliero, mentre in estate la situazione è dovuta agli alti livelli di ozono che spesso hanno superato il valore obiettivo di 120 µg/m<sup>3</sup>.
- **“Scadente”, per un totale di 15 giornate corrispondenti al 4,1 % dell'anno.**  
 Il mese con alcune giornate con una qualità dell'aria “Scadente” è stato febbraio con 8 gg, segue gennaio, ottobre e dicembre con 2gg.  
**“Pessima”, si è verificata 1 giornata con qualità dell'aria “Pessima” corrispondente al 0,3% dell'anno.** L'aria è risultata “Pessima” 1 giornata: il 7 gennaio dove il valore delle polveri ha raggiunto 111 µg/m<sup>3</sup> misurato a Carpi a presso la stazione di Remesina.

Nel 2019, l'aria è risultata “Buona” o “Accettabile” in 243 giornate, corrispondenti a circa il 67% dell'anno. Per il restante periodo, 122 giornate (33%), la qualità dell'aria è risultata “Mediocre”, “Scadente” o “Pessima”, situazione determinata dal superamento di uno dei limiti sopra indicati.

Nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre e dicembre, il valore dell'indice sintetico, scelto come valore del sottoindice peggiore, è determinato dai livelli di PM<sub>10</sub>, inquinante critico invernale.

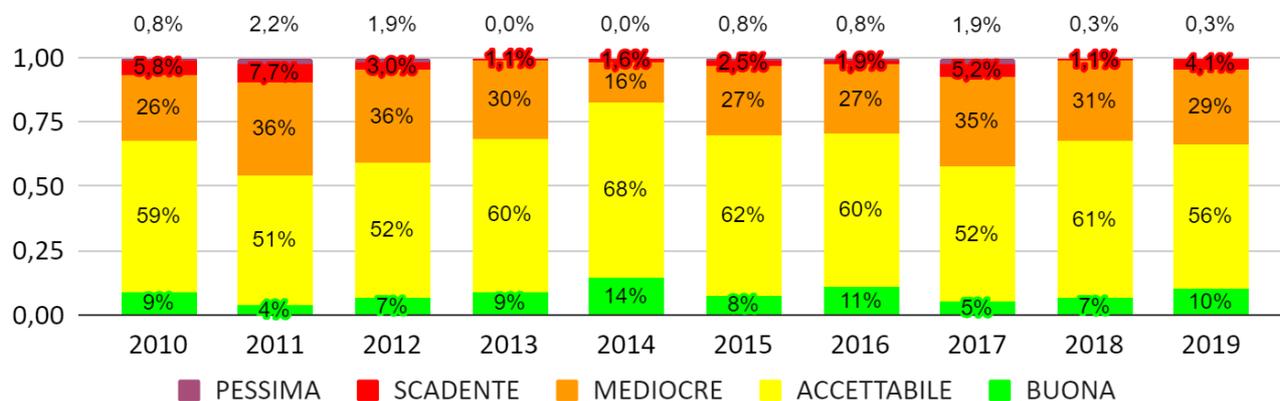
Nei mesi di maggio, giugno, luglio, agosto e settembre, il valore dell'indice sintetico è determinato dai livelli di O<sub>3</sub>, inquinante critico estivo.

I mesi con la migliore qualità dell'aria sono stati marzo, aprile, maggio e novembre.

In primavera la circolazione delle masse d'aria favorisce la diffusione degli inquinanti e la temperatura, insieme all'irraggiamento solare, non ha ancora raggiunto i livelli estivi, quindi in questo periodo la maggior parte delle giornate (l'90%) risulta di qualità “Buona” o “Accettabile”, solo in 94 giornate è risultata “Mediocre”.

il mese di novembre a causa delle numerose piogge ha avuto una sola giornata Mediocre e il resto Buono (60%) e Accettabile (37%)

## Trend



L'indice di qualità dell'aria nel 2019 è stato simile a quello del 2018, del 2015 e del 2016.

# La situazione in sintesi

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

**Valore Limite giornaliero: 50 µg/m<sup>3</sup> numero di superamenti media giornaliero max 35 volte/anno**

**Valore Limite annuale: 40 µg/m<sup>3</sup>**



**PM<sub>10</sub> VALORE LIMITE ANNUALE : RISPETTATO IN TUTTE LE STAZIONI**

Il valore limite sulla concentrazione media annuale di PM<sub>10</sub> (40 µg/m<sup>3</sup>) è stato rispettato in tutte le stazioni di misura, anche nel 2019.

Dall'anno 2010 le medie annuali risultano inferiori al valore limite di 40 µg/m<sup>3</sup> in tutte le stazioni della rete di monitoraggio, a parte la stazione di Fiorano di tipologia "traffico", che negli anni 2011 e 2012 ha superato di poco tale limite.

Il trend delle medie annuali dal 2010 fino al 2019, mostra complessivamente una diminuzione delle concentrazioni mediamente del 10%, particolarmente marcata soprattutto nel 2013, 2014, 2016 e 2018.



**PM<sub>10</sub> VALORE LIMITE GIORNALIERO: RISPETTATO IN 1 STAZIONI SU 6**

Il 2019 registra il superamento del limite giornaliero del PM<sub>10</sub> in 5 stazioni su 6; situazione simile rispetto a quella registrata nel 2015.

Il trend del numero di superamenti è complessivamente in forte calo dal 2009 fino al 2018, mediamente del 29%; gli anni dove si sono registrati il minor numero di sforamenti del Valore Limite giornaliero sono stati il 2013, 2014, 2016 e il 2018.

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

**Valore Limite annuale: 25 µg/m<sup>3</sup>**



**PM<sub>2,5</sub> VALORE LIMITE ANNUALE : RISPETTATO IN TUTTE LE STAZIONI**

Il valore limite per la concentrazione media annuale di PM<sub>2,5</sub> (25 µg/m<sup>3</sup>) è stato rispettato in tutte le stazioni di misura, anche nel 2019.

La natura prevalentemente secondaria di questo inquinante, quindi la sua elevata diffusione spaziale, si traduce in concentrazioni generalmente omogenee in tutte le stazioni situate nella zona di pianura, anche se collocate in aree diverse e lontane fra loro.

Il trend delle medie annuali dal 2010 fino al 2019, mostra complessivamente una diminuzione delle concentrazioni mediamente del 14%, particolarmente marcata soprattutto nel 2013, 2014, 2016 e 2018.

## Metalli

**Arsenico: Valore Obiettivo (media annua): 6,0 ng/m<sup>3</sup>**

**Cadmio: Valore Obiettivo (media annua): 5,0 ng/m<sup>3</sup>**

**Nichel: Valore Obiettivo (media annua): 20,0 ng/m<sup>3</sup>**

**Piombo: Valore Limite (media annua): 500 ng/m<sup>3</sup>**



**Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo Valore Obiettivo o Valore Limite : RISPETTATO**

Come indicato dal D.Lgs. 155/10 i metalli sono stati ricercati sul particolato PM<sub>10</sub>; la stazione scelta è quella di Parco Ferrari (tipologia fondo urbano) a Modena.

Per tutti i metalli ricercati, le concentrazioni medie annuali rilevate sono risultate ampiamente al di sotto dei valori di riferimento normativi.

Se si analizza il trend delle medie annuali dal 2010 al 2019, si può notare un calo evidente per cadmio e piombo, una lieve diminuzione per arsenico mentre una stabilità per nichel, più vicino all'andamento delle concentrazioni di polveri PM10.

## Benzo (a) pirene

**Valore Obiettivo media annua: 1,0 ng/m<sup>3</sup>**



**Benzo(a) pirene Valore Obiettivo: RISPETTATO**

Come indicato dal D.Lgs. 155/10 il benzo(a) pirene è stato ricercato sul particolato PM<sub>10</sub>; la stazione scelta è quella di Parco Ferrari (tipologia fondo urbano) a Modena.

La concentrazione media annuale rilevata risulta ampiamente al di sotto dei valori di riferimento normativi (1,0 ng/m<sup>3</sup>).

Nel periodo dal 2010 al 2019 i dati risultano in lieve calo.

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

**Protezione della salute umana**

**Soglia di Informazione: 180 µg/m<sup>3</sup> (media oraria)**

**Soglia di Allarme: 240 µg/m<sup>3</sup> (media oraria da non superare per più di 3 ore consecutive)**

**Valore Obiettivo: 120 µg/m<sup>3</sup> (massimo giornaliero della media mobile su 8 ore da non superare più di 25 volte/anno civile come media su tre anni)**

**Protezione della vegetazione**

Valore Obiettivo: 18000 µg/m<sup>3</sup>\*h (AOT40\* : calcolata sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio) come media su 5 anni

\*Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> e 80 µg/m<sup>3</sup> in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le ore 8:00 e le 20:00 nel periodo maggio-luglio



**OZONO, SOGLIA DI INFORMAZIONE ALLA POPOLAZIONE SUPERATA IN DIVERSE STAZIONI**

La soglia di informazione alla popolazione (concentrazione media oraria = 180 µg/m<sup>3</sup>) è stata superata nel 2019 in tutte le stazioni con valori che hanno sfiorato i 200 µg/m<sup>3</sup> nel mese di giugno.



**OZONO, CRITICO IL NUMERO DI SUPERAMENTI DELL'OBBIETTIVO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA**

Il numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (media massima giornaliera calcolata su 8 ore superiore a 120 µg/m<sup>3</sup>) dell'ozono nel 2019 continua a essere critico, essendo stato superato in gran parte delle stazioni più del doppio dei giorni consentiti (25 superamenti).

## Biossido di azoto NO<sub>2</sub>

**Valore Limite orario: 200 µg/m<sup>3</sup> numero di superamenti max 18 volte/anno**

**Valore Limite annuale: 40 µg/m<sup>3</sup>**

**Soglia di Allarme: 400 µg/m<sup>3</sup> (media oraria misurata per 3 ore consecutive)**



**PERMANE LA CRITICITA' DEL BISSIDO D'AZOTO NELLE STAZIONI DA TRAFFICO**

Nel 2019, le concentrazioni di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) hanno superato il valore limite solo nelle stazioni da traffico di Fiorano e Giardini a Modena.

Il trend dei dati dal 2010 al 2019 indica un calo progressivo dei valori, di circa il 24%, con il rispetto del Valore Limite annuale da parte della maggior parte delle stazioni dall'anno 2011, a parte quelle collocate nelle vicinanze di strade ad alto volume di traffico.

Il numero di superamenti del livello orario per la protezione per la salute umana di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (da non superare per più di 18 ore/anno) non risulta da tempo superato in nessuna stazione.

Il Biossido di Azoto si configura come un inquinante critico più per i livelli medi, che per gli episodi acuti, ma è comunque necessario mantenere sotto attento controllo questo inquinante, anche in considerazione del fatto che si tratta di un precursore sia di polveri che di  $\text{O}_3$ .

## Benzene

**Valore Limite annuale:  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$**



**BENZENE VALORE LIMITE ANNUALE : RISPETTATO**

I dati di benzene degli ultimi anni confermano che questo inquinante ha raggiunto livelli molto bassi fino a un quinto del limite nel 2019, quindi non rappresenta una criticità.

Nel periodo dal 2010 al 2019 i dati risultano in lieve calo.

Visto che il benzene viene misurato solamente nelle stazioni da traffico, laddove cioè si verificano picchi di inquinamento, si può ritenere che il limite venga rispettato in via generale in tutta la provincia.

## Monossido di carbonio CO

**Valore Limite:  $10 \text{mg}/\text{m}^3$**  (massima media mobile di 8 ore giornaliera)



**MONOSSIDO DI CARBONIO VALORE LIMITE : RISPETTATO**

Le concentrazioni di monossido di carbonio, misurate nelle due stazioni che rilevano questo inquinante, risultano equivalenti e largamente inferiori al Valore Limite per la protezione della salute umana.

Il trend relativo al valore massimo della media mobile su 8 ore evidenzia una sostanziale stabilità dei valori misurati, tanto che questo inquinante, allo stato attuale, non presenta più alcuna criticità; per tale motivo, l'attuale configurazione della Rete di Monitoraggio prevede la misura del Monossido di Carbonio solo nelle stazioni da traffico, ove è più alta la sua concentrazione.

## IQA Indice sintetico della qualità dell'aria

Inquinante	Indicatore di riferimento	Valore
$\text{PM}_{10}$	Media giornaliera	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
$\text{O}_3$	Valore massimo della media mobile su 8 ore	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
$\text{NO}_2$	Valore massimo orario	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Nel 2019, l'aria è risultata "Buona" o "Accettabile" in 243 giornate, corrispondenti a circa il 67% dell'anno. Per il restante periodo, 122 giornate (33%), la qualità dell'aria è risultata "Mediocre", "Scadente" o "Pessima", situazione determinata dal superamento di uno dei limiti sopra indicati.

Nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre e dicembre, il valore dell'indice sintetico, scelto come valore del sottoindice peggiore, è determinato dai livelli di  $\text{PM}_{10}$ , inquinante critico invernale.

Nei mesi di maggio, giugno, luglio, agosto e settembre, il valore dell'indice sintetico è determinato dai livelli di  $\text{O}_3$ , inquinante critico estivo.

I mesi con la migliore qualità dell'aria sono stati marzo, aprile, maggio e novembre.

In primavera la circolazione delle masse d'aria favorisce la diffusione degli inquinanti e la temperatura, insieme all'irraggiamento solare, non ha ancora raggiunto i livelli estivi, quindi in questo periodo la maggior parte delle giornate (l'90%) risulta di qualità "Buona" o "Accettabile", solo in 94 giornate è risultata "Mediocre".

Il mese di novembre a causa delle numerose piogge ha avuto una sola giornata Mediocre e il resto Buono (60%) e Accettabile (37%).