

La **qualità dell'aria** in Provincia di Modena: report sintetico anno 2018

Edizione GIUGNO 2019



“La Ghirlandina” foto di Paola Sandoni

Responsabile della Rete di Monitoraggio della Qualità dell'Aria di Modena - Carla Barbieri

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 | posta P.IVA 04290860370

Indice

Quadro generale	pag. 4
La Rete di monitoraggio della qualità dell'aria di Modena	pag. 7
L'inventario delle emissioni	pag. 9
Polveri PM ₁₀	pag. 11
Polveri PM _{2,5}	pag. 18
Metalli pesanti	pag. 22
Idrocarburi policiclici aromatici- Benzo (a)pirene	pag. 25
Ozono	pag. 27
Biossido di azoto	pag. 34
Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni	pag. 38
Monossido di carbonio	pag. 42
Indice sintetico della qualità dell'aria	pag. 45
La situazione in sintesi	pag. 48

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 PM₁₀ e NO₂, 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.

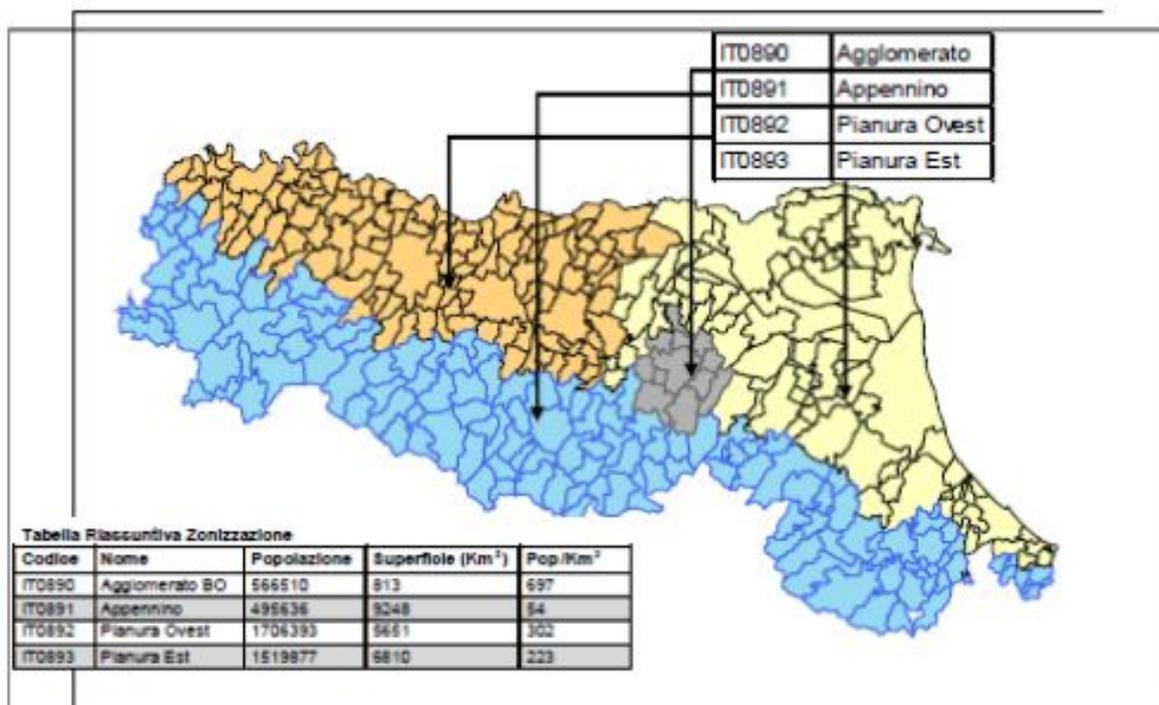
Nel periodo invernale, la formazione di una vasta area anticiclonica stabile sul Nord Italia favorisce la formazione di condizioni di inversione termica nello strato atmosferico superficiale, in particolare nelle ore notturne.

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'analisi degli elementi del contesto territoriale e socio-economico ha portato alla classificazione del territorio regionale in zone e agglomerati (zonizzazione). 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 zonizzazione regionale, approvata con DGR 2001/2011, individua un agglomerato relativo a Bologna e ai comuni limitrofi, e tre macroaree di qualità dell'aria Appennino, Pianura est, Pianura ovest (vedi figura sotto).



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."

La principale novità introdotta dal Programma di valutazione è di basare il processo di valutazione su un insieme di strumenti tecnici e scientifici tra loro integrati in modo da garantire una informazione che copra l'intero territorio e non solamente i punti ove è presente una stazione di rilevamento.

Il sistema integrato di monitoraggio, valutazione e previsione è costituito principalmente dalle reti di monitoraggio, dal sistema di modelli numerici e dall'inventario delle emissioni. Il sistema delle reti di monitoraggio comprende le due reti principali: rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria (RMQA) e rete meteorologica (RIRER), più alcune reti ausiliarie (deposizioni, pollini e genotossicità).

I dati forniti dal sistema di monitoraggio vengono rielaborati e completati attraverso un complesso sistema di modelli numerici che integrano i dati puntuali con altri dati territoriali, quali: le emissioni, la morfologia del territorio e gli inquinanti provenienti dall'esterno della regione (modello chimico di trasporto e dispersione Ninfa e modello di valutazione Pesco).

L'ultima fase del percorso evolutivo del sistema di valutazione della qualità dell'aria in Emilia-Romagna, avviato nel 2011 per consentire l'adeguamento al DLgs 155/2010, è stata conclusa nel gennaio 2013 con la riorganizzazione della rete di monitoraggio. Questa riorganizzazione segue la precedente riorganizzazione della rete realizzata nel 2006-2010 per adeguarsi al DM 60 del 2002 e DLgs 183 del 2004. Si deve comunque considerare che la rete è in continua evoluzione, fin dagli anni 70, e ulteriori interventi e razionalizzazioni sono allo studio per il prossimo triennio. 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'NO₂ ai 43 punti di misura per il PM₁₀, mentre vengono progressivamente ridotti gli analizzatori che monitorano inquinanti la cui concentrazione è ormai al di sotto del limite di rilevabilità strumentale (esempio SO₂) 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.

A fronte di questa razionalizzazione del sistema di monitoraggio, risulta quindi aumentato, grazie all'integrazione con la modellistica numerica, il grado di copertura territoriale delle informazioni rese disponibili a cittadini e alle autorità locali e nazionali.

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria di Modena



STAZIONI DELLA RETE REGIONALE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA	
Stazione: GIARDINI - traffico (30000 veicoli/gg)	Stazione: GAVELLO - fondo rurale
Ubicazione: Via Giardini 543 - Modena	Ubicazione: Via Gazzi – loc. Gavello - Mirandola
Anno attivazione 1990	Anno attivazione 2008
Inquinanti monitorati: NOx, CO, BTX, PM ₁₀	Inquinanti monitorati: NOx, O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5}
Stazione: PARCO FERRARI - fondo urbano	Stazione: SAN FRANCESCO – traffico (26000 veicoli/gg)
Ubicazione: Parco Ferrari - Modena	Ubicazione: Circ. San Francesco – Fiorano
Anno attivazione 2005	Anno attivazione 2007
Inquinanti monitorati: NOx, O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , Meteo	Inquinanti monitorati: NOx, CO, BTX, PM ₁₀
Stazione: REMESINA - fondo suburbano	Stazione: PARCO EDILCARANI - fondo urbano
Ubicazione: Via Remesina - Carpi	Ubicazione: Parco Edilcarani - Sassuolo
Anno attivazione 1997	Anno attivazione 2010
Inquinanti monitorati: NOx, O ₃ , PM ₁₀	Inquinanti monitorati: NOx, PM ₁₀ , PM _{2,5} , O ₃

****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.

**Stazione locale - ALBARETO	**Stazione locale - BELGIO
Ubicazione: Via Battaglia - Modena	Ubicazione: Via Belgio
Anno attivazione 2005	Anno attivazione 2013
Inquinanti monitorati: NOx, PM ₁₀ , Meteo	Inquinanti monitorati: NOx, PM ₁₀
**Stazione locale - TAGLIATI	
Ubicazione: Via Tagliati - Modena	
Anno attivazione 2005	
Inquinanti monitorati: NOx, PM ₁₀ , PM _{2.5}	

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 in 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

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 **PM₁₀** 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 (SO₂)**, importante precursore della formazione di particolato secondario, anche a basse concentrazioni: prodotto principalmente da combustione nell'industria (MS3)
- **metano (CH₄)**, gas serra: deriva principalmente dalla zootecnia (MS10), dal trattamento dei rifiuti (MS9) e dalla distribuzione del metano stesso e sue emissioni fugitive (MS5).
- **ammoniaca (NH₃)**, composto precursore anch'esso di particolato secondario: deriva quasi completamente da pratiche agricole e zootecnia (MS10)
- **protossido di azoto (N₂O)**, gas serra: è quasi interamente dovuto a coltivazioni e allevamenti (MS10)
- **anidride carbonica (CO₂)**, 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 e 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.

Nel 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.

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 PM_{2,5} si intende invece la frazione fine del particolato con particelle aventi diametro aerodinamico uguale o inferiore a 2,5 µm.

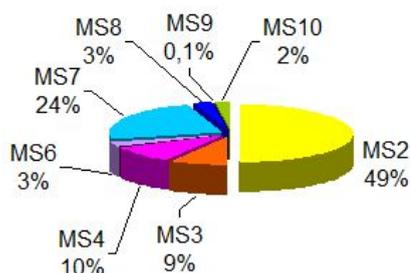
Processo di generazione

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, NO_x, SO₂, COV) emessi da trasporti, agricoltura e dal comparto industriale (Quadro conoscitivo Piano Aria Integrato Regionale 2020; 2014).

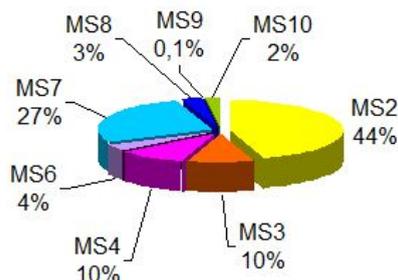
Le Emissioni a Modena

Macrosettori		Provincia di Modena (t/anno)	Pianura Ovest (t/anno)	Zona B (t/anno)
MS1	Produzione Energia e trasformazioni di combustibili	0	0	0
MS2	Combustione non industriale	932	664	268
MS3	Combustione industriale	158	142	16
MS4	Processi Industriali	180	141	39
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0
MS6	Uso di solventi	59	56	3
MS7	Trasporto su strada	437	396	41
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	49	39	9
MS9	Trattamento e smaltimento rifiut	1	1	0
MS10	Agricoltura	41	33	8
totale		1857	1472	384
		%	79%	21%

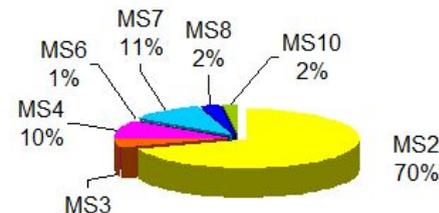
Provincia di Modena



Pianura Ovest



Zona B



Il contributo della zona di pianura sulle emissioni totali di polveri PM₁₀ è del 79% mentre la zona B (appennino) contribuisce solo per il 21%.

Se analizziamo le emissioni dei vari macrosettori, possiamo desumere che la fonte principale di polveri PM₁₀ è la combustione non industriale MS2 (Provincia di Modena 49%, Pianura Ovest 44% e Zona B 70%), seguito dal trasporto su strada (Provincia di Modena 24%, Pianura Ovest 27% e Zona B 11%) e dai processi industriali MS3 e MS4 (Provincia di Modena 19%, Pianura Ovest 20% e Zona B 14%).

Giorni favorevoli all'accumulo di PM₁₀

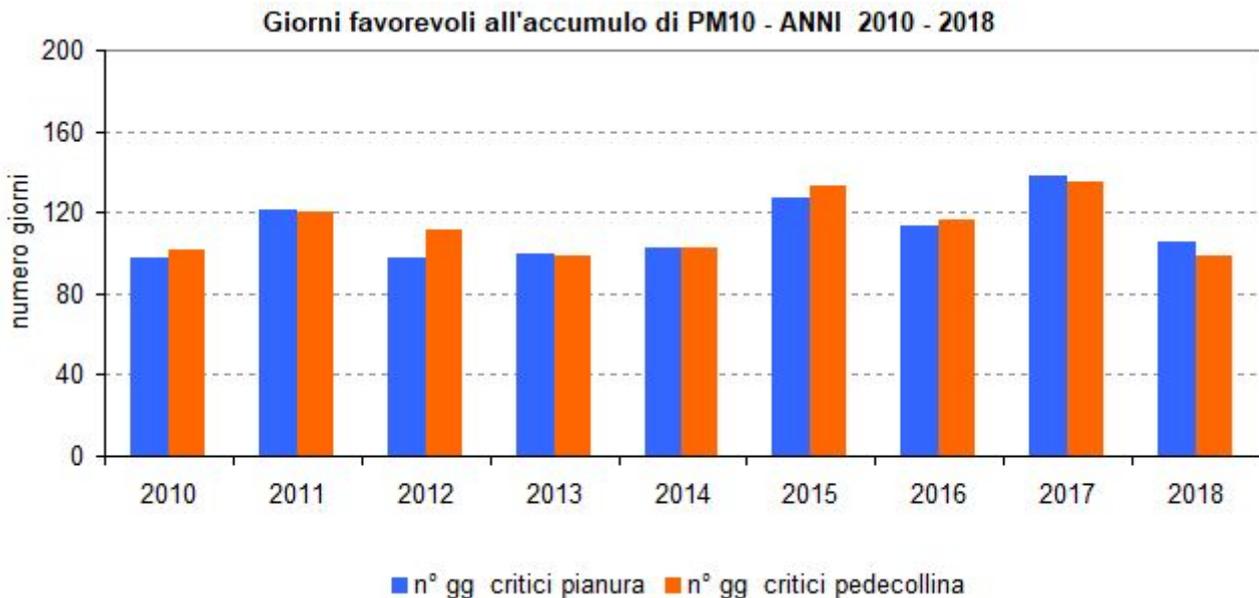
Le interazioni della meteorologia con il trasporto, la formazione, le trasformazioni chimiche, la dispersione e la deposizione del PM₁₀ sono molteplici e complesse. Focalizzandosi soltanto sulle dinamiche di dispersione e accumulo locale, si è scelto di identificare come "giornate favorevoli all'accumulo di PM₁₀" quei giorni in cui l'indebolirsi della turbolenza nei bassi strati dell'atmosfera determina condizioni di stagnazione, cioè quei giorni in cui si verificano queste condizioni:

- indice di ventilazione (definito come il prodotto fra altezza media dello strato rimescolato e intensità media del vento) inferiore agli 800 m²/s;
- precipitazioni assenti.

Tali soglie sono state selezionate applicando il metodo statistico degli alberi di classificazione, calibrato con valori di PM₁₀ misurati. Si noti che l'indicatore non tiene conto della direzione del vento.

Nella tabella sotto riportata vengono messi a confronto i dati della Pianura con quelli della Pedecollina relativi agli anni dal 2010 al 2018.

Giorni critici accumulo PM ₁₀	Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018
Numero giorni critici Pianura	98	121	98	100	102	127	113	138	105
Numero giorni critici Pedecollina	101	120	111	99	102	133	116	135	99



Se analizziamo questo indicatore dal 2010 al 2018, possiamo notare che non esiste differenza tra la zona di pianura e la pedecollina.

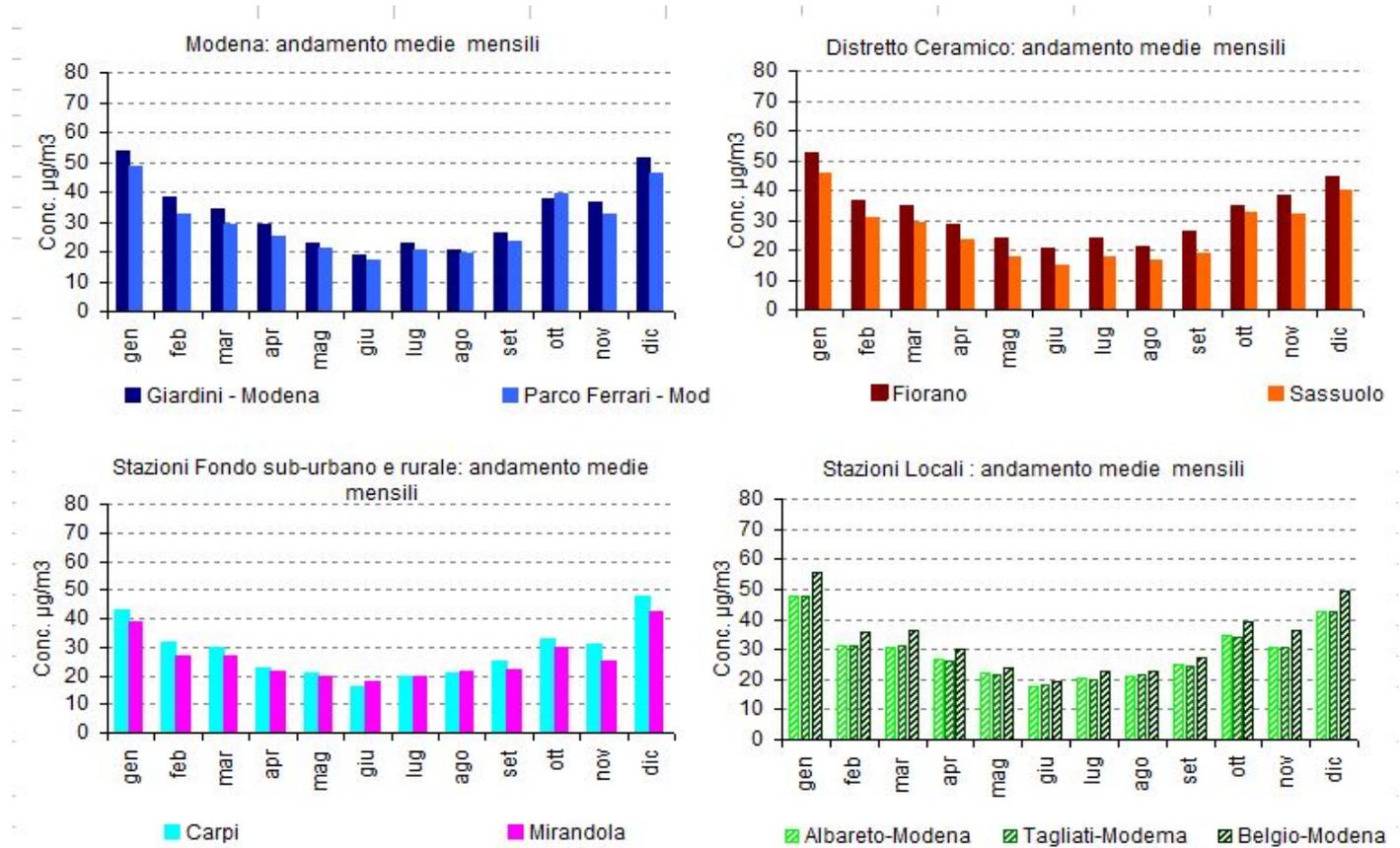
L'andamento dei giorni critici mostra una marcata variabilità interannuale: gli anni 2015 e 2017 sono gli anni in cui le condizioni meteorologiche sono state particolarmente sfavorevoli alla qualità dell'aria, quelli migliori sono stati il 2010, 2012, 2013, 2014 e il 2018.

Polveri PM₁₀: concentrazioni e confronto con il Valore Limite annuale

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni (µg/m ³)						Media annuale (µg/m ³)
					min	max	50°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		99	6	119	28	55	62	70	32
	Modena	Parco Ferrari		95	5	111	24	49	57	64	28
	Carpi	Remesina		100	5	28	48	56	68	56	28
	Mirandola	Gavello		98	5	80	22	43	52	65	25
	Fiorano	San Francesco		98	5	96	29	52	59	68	31
	Sassuolo	Parco Edilcarani		98	5	99	22	45	55	66	26
	Modena	**Albareto		100	5	109	26	50	57	67	29
	Modena	**Tagliati		100	7	111	26	49	57	68	29
	Modena	**Belgio		100	5	131	29	56	65	75	33

Tipo di Zona	Tipo di stazione	Legend
Urbana	Traffico	≤ Valore Limite > Valore Limite
Suburbana	Fondo	DLgs 155/2010: Valore Limite giornaliero= 50 µg/m³
Rurale	Industriale	DLgs 155/2010: Valore Limite annuale = 40 µg/m³

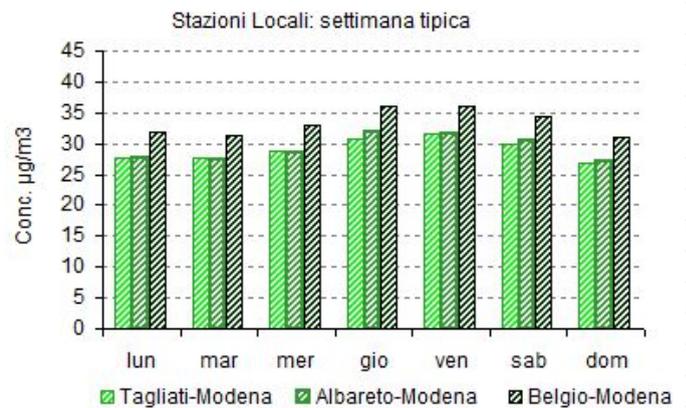
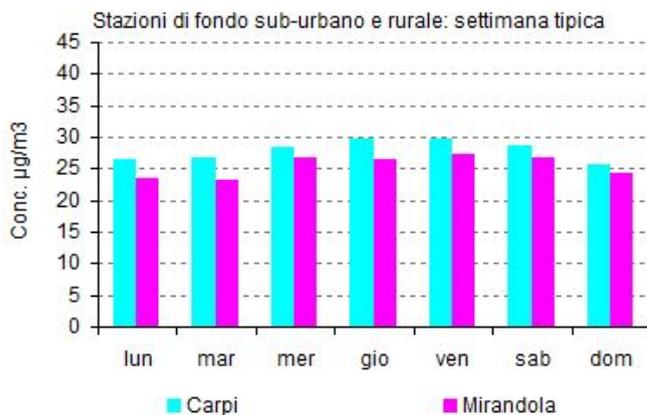
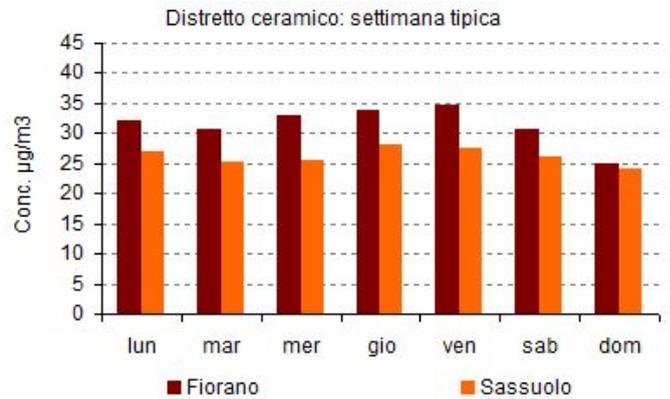
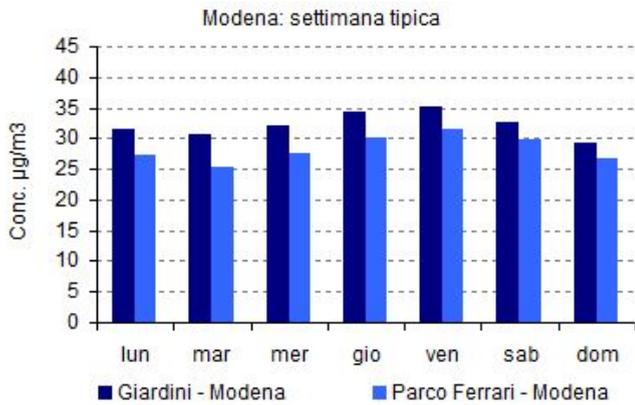
** Stazioni Locali



Il periodo critico per le polveri è l'autunno-inverno, stagione caratterizzata 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 2018 le concentrazioni più alte di polveri PM₁₀ sono state misurate a gennaio, con una media provinciale di

46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e dicembre con 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Se si analizza la settimana tipica delle stazioni, si nota un accumulo progressivo durante la settimana fino al venerdì che risulta essere il giorno peggiore, più evidente nelle stazioni da traffico rispetto a quelle di fondo. Le stazioni più critiche sono pertanto risultate quelle da traffico poste a lato di strade con alti livelli di transiti veicolari.

La stazione di Fiorano, che ha un traffico in parte di tipo industriale, presenta un forte abbassamento nella giornata di domenica quando i dati si allineano alla stazione di fondo di Sassuolo.

Le stazioni di fondo, posizionate il più possibile distanti da fonti emissive o in aree residenziali senza emissioni specifiche localizzate che la differenziano dalla situazione urbana media, presentano chiaramente una settimana tipica con incrementi meno accentuati.

Ancora meno evidenti sono gli incrementi di quella di fondo rurale di Mirandola, situata in area agricola, che misura le polveri trasportate su lungo raggio.

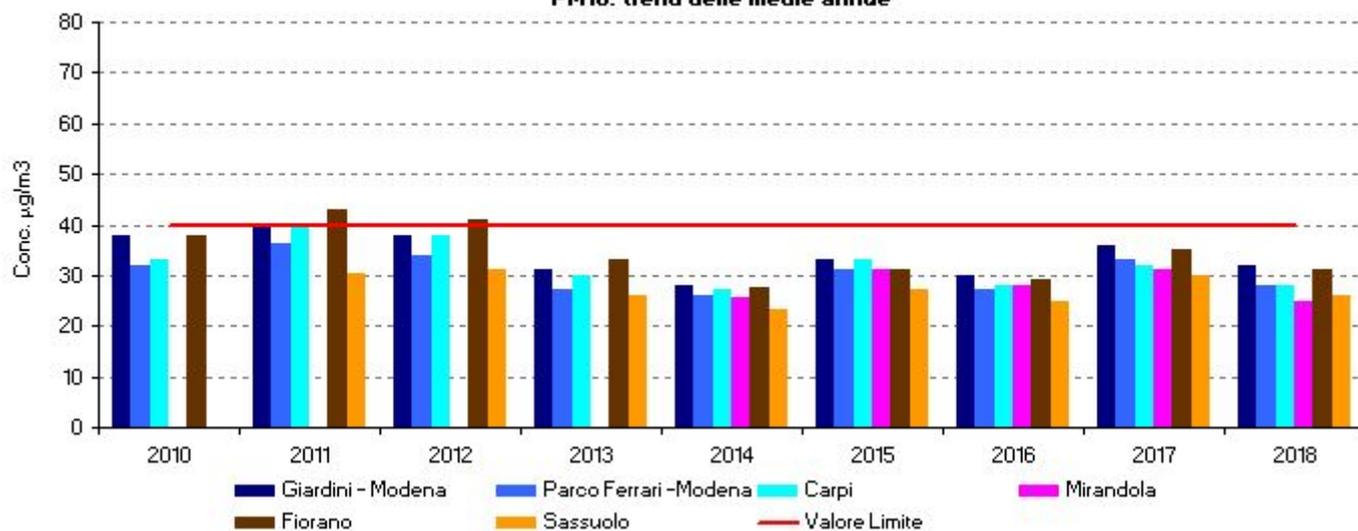
Polveri PM₁₀: trend delle medie annuali dal 2010 al 2018

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni (µg/m ³)								
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018
Urbana	Modena	Giardini	Traffico	38	40	38	31	28	33	30	36	32
	Modena	Parco Ferrari	Fondo	32	36	34	27	26	31	27	33	28
Suburbana	Carpi	Remesina	Fondo	33	40	38	30	27	33	28	32	28
Rurale	Mirandola	Gavello	Fondo					26	31	28	31	25
Urbana	Fiorano	San Francesco	Traffico	38	43	41	33	28	31	29	35	31
	Sassuolo	Parco Edilcarani	Fondo		30	31	26	23	27	25	30	26
Suburbana	Modena	**Albareto	Industriale	33	36	34	29	27	31	28	36	29
Suburbana	Modena	**Tagliati	Industriale	33	37	35	28	26	31	28	34	29
Suburbana	Modena	**Belgio	Industriale							30	38	33

Tipo di Zona	Tipo di stazione	<p>■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite</p> <p>DLgs 155/2010: Valore Limite giornaliero= 50 µg/m³</p> <p>DLgs 155/2010: Valore Limite annuale = 40 µg/m³</p>
Urbana	Traffico	
Suburbana	Fondo	
Rurale	Industriale	

**Stazioni Locali

PM10: trend delle medie annue



PM10: trend delle medie annue



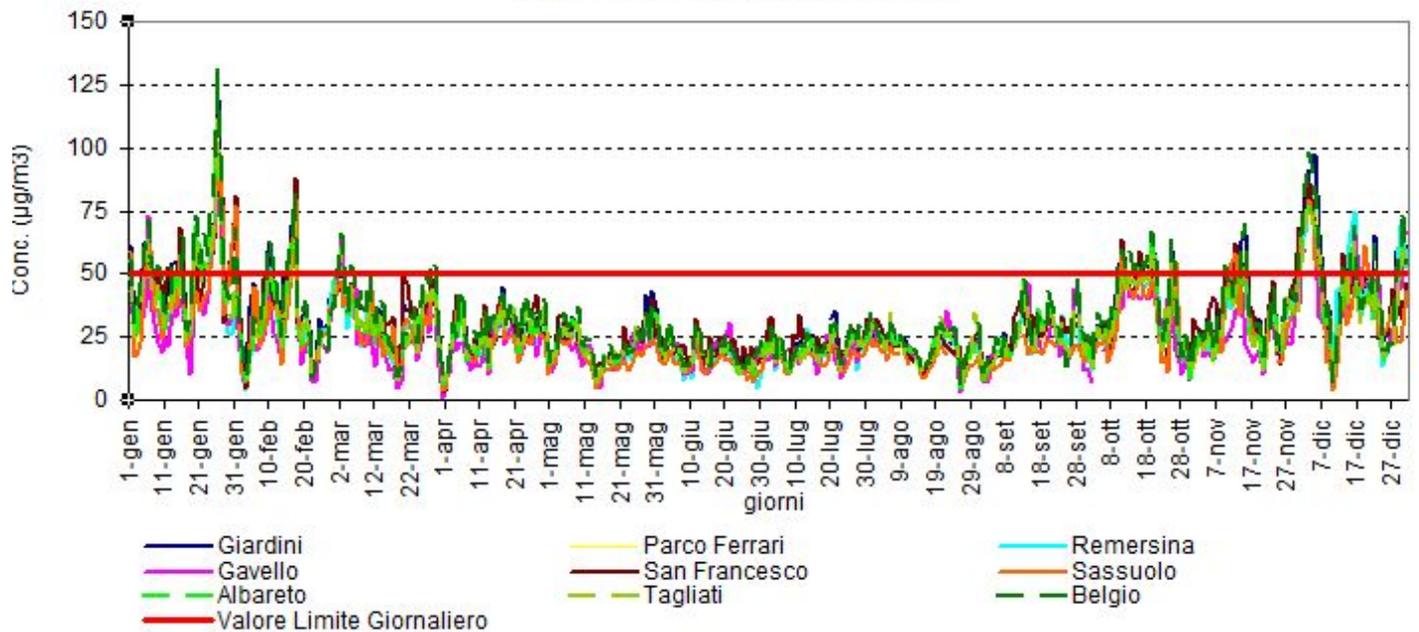
Il trend delle medie annuali delle stazioni della RRQA dal 2010 fino al 2018, mostra complessivamente una diminuzione delle concentrazioni mediamente del 16%, particolarmente marcata soprattutto nel 2013 e nel 2014, così come nelle Stazioni Locali. Stazionaria la stazione di fondo rurale che misura le polveri PM₁₀ dal 2014.

Polveri PM₁₀: superamenti del Valore Limite giornaliero - anno 2018

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Numero superamenti del Valore Limite giornaliero												Num. Sup. anno	
				gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	sett	ott	nov	dic		
Urbana	Modena	Giardini	Traffico	19	4	1	0	0	0	0	0	0	8	5	14	51	
	Modena	Parco Ferrari	Fondo	8	3	1	0	0	0	0	0	0	6	3	11	32	
Suburbana	Carpi	Remesina	Fondo	6	3	3	0	0	0	0	0	0	2	1	14	29	
Rurale	Mirandola	Gavello	Fondo	5	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	9	19	
Urbana	Fiorano	San Francesco	Traffico	16	4	0	0	0	0	0	0	0	6	4	9	39	
	Sassuolo	Parco Edilcarani	Fondo	11	2	0	0	0	0	0	0	0	3	3	7	26	
Suburbana	Modena	**Albareto	Industriale	12	3	3	0	0	0	0	0	0	6	2	9	35	
Suburbana	Modena	**Tagliati	Industriale	11	2	2	0	0	0	0	0	0	3	1	11	30	
Suburbana	Modena	**Belgio	Industriale	18	5	6	0	0	0	0	0	0	12	5	14	60	
Tipo di Zona		Tipo di stazione		<p>■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite</p> <p>DLgs 155/2010: Valore Limite giornaliero = 50 µg/m³</p> <p>DLgs 155/2010: Numero di superamenti del Valore Limite giornaliero = 35</p>													
Urbana	Traffico	Suburbana	Fondo	Rurale	Industriale												

**Stazioni Locali

Polveri PM₁₀: concentrazioni giornaliere



I mesi più critici sono stati gennaio e dicembre: in entrambi i mesi la stazione che ha misurato il maggior numero di superamenti è stata Giardini, 19 a gennaio e 11 a dicembre.

Il massimo valore dell'anno è stato misurato il 26 gennaio: la stazione di Giardini ha misurato 119 µg/m³ e 131 µg/m³ la Locale Belgio.

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 51 giorni di superamento, contro i 39 giorni di san Francesco.

Polveri PM₁₀: trend dei superamenti del Valore limite giornaliero dal 2010 al 2018

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	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
Urbana	Modena	Giardini	Traffico	79	84	85	51	36	55	40	83	51
	Modena	Parco Ferrari	Fondo	61	71	67	37	29	44	23	65	32
Suburbana	Carpi	Remesina	Fondo	65	86	85	45	38	55	34	65	29
Rurale	Mirandola	Gavello	Fondo					29	49	31	55	19
Urbana	Fiorano	San Francesco	Traffico	75	96	96	52	31	45	49	67	39
	Sassuolo	Parco Edilcarani	Fondo		47	47	33	22	31	40	51	26
Suburbana	Modena	**Albareto	Industriale	61	74	65	38	38	47	32	79	35
Suburbana	Modena	**Tagliati	Industriale	55	78	68	32	27	44	27	75	30
Suburbana	Modena	**Belgio	Industriale							39	89	60

Tipo di Zona

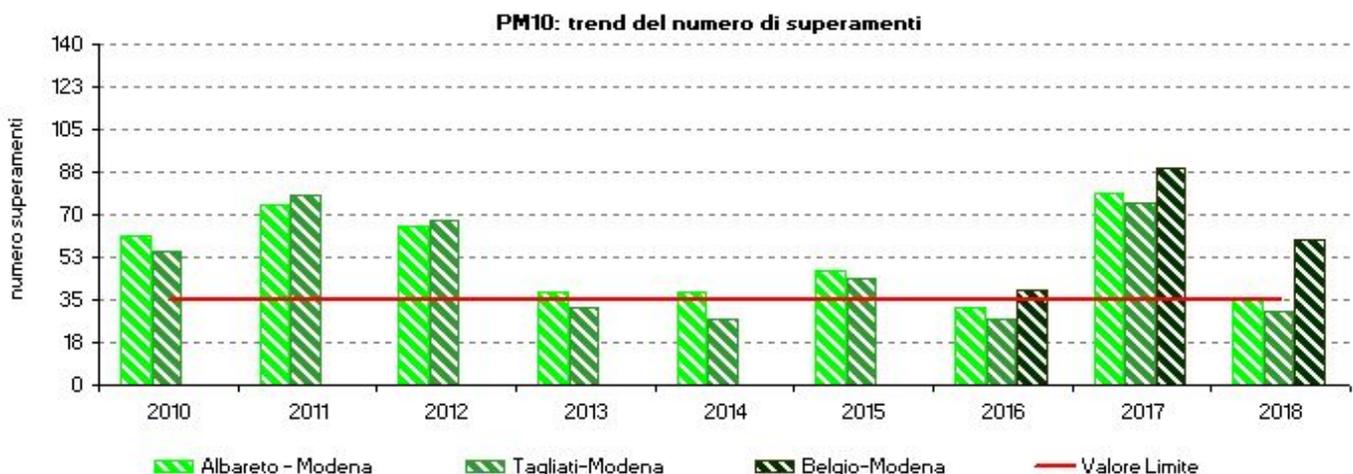
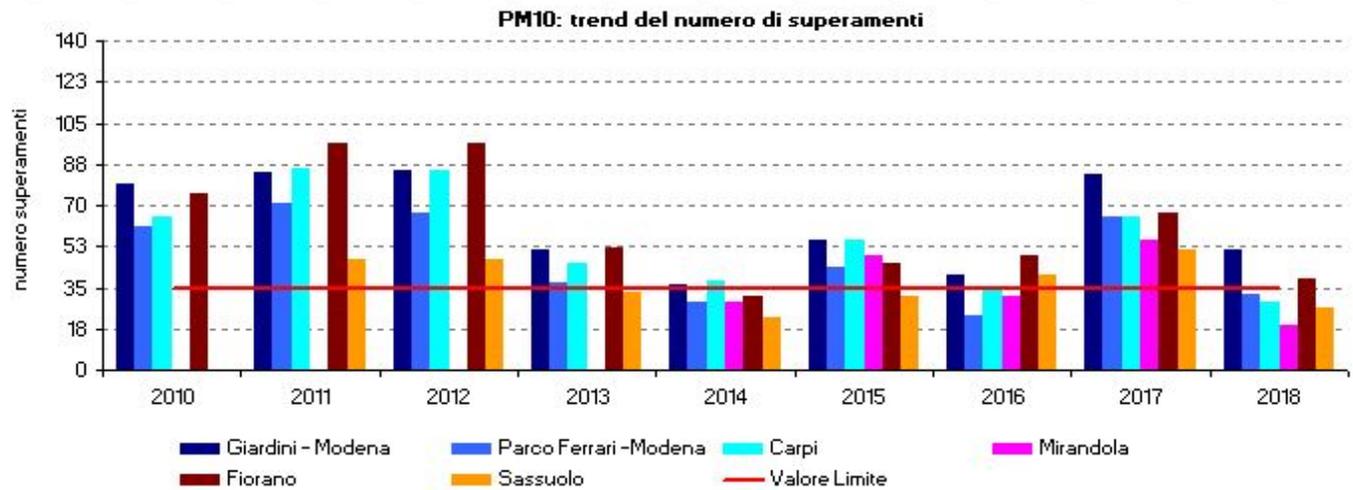
- Urbana
- Suburbana
- Rurale

Tipo di stazione

- Traffico
- Fondo
- Industriale

■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite
DLgs 155/2010: Valore Limite giornaliero= 50 µg/m³
DLgs 155/2010: Numero di superamenti del Valore Limite giornaliero= 35

**Stazioni Locali



Il trend del numero di superamenti è complessivamente in forte calo dal 2010 al 2018, mediamente del 47%, più evidente per le stazioni da traffico, meno per quelle di fondo urbano e minimo per quelle di fondo rurale. Gli anni dove si sono registrati il minor numero di sforamenti sono stati il 2013, 2014, 2016 e il 2018.

Particolato PM_{2,5}

Per particolato ultrafine si intendono tutte le particelle solide o liquide sospese nell'aria con dimensioni microscopiche e quindi inalabili. Il PM_{2,5} 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).

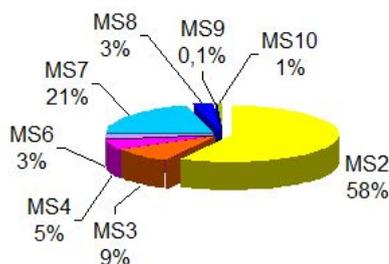
Processo di generazione

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.

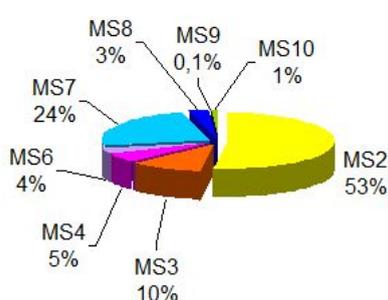
Le Emissioni a Modena

Macrosettori		Provincia di Modena (t/anno)	Pianura Ovest (t/anno)	Zona B (t/anno)
MS1	Produzione Energia e trasformazione di combustibili	0	0	0
MS2	Combustione non industriale	922	657	265
MS3	Combustione industriale	145	131	14
MS4	Processi Industriali	83	69	14
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0
MS6	Uso di solventi	50	48	2
MS7	Trasporto su strada	329	299	30
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	49	39	9
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti	1	1	0
MS10	Agricoltura	15	12	3
totale		1594	1256	337
		%	79%	21%

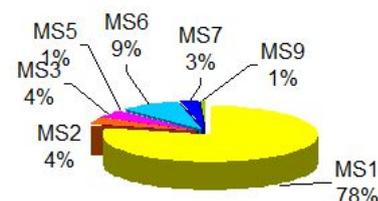
Provincia di Modena



Pianura Ovest



Zona B



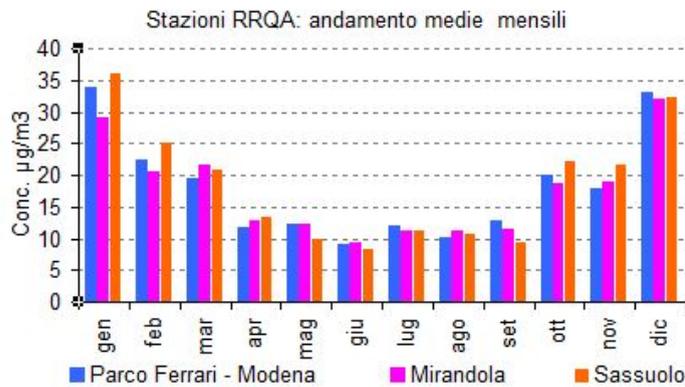
Il contributo della zona di pianura sulle emissioni totali di polveri PM_{2,5} è del 79% mentre la zona B (appennino) contribuisce solo per il 21%.

Se analizziamo le emissioni dei vari macrosettori, possiamo desumere che la fonte principale di polveri PM_{2,5} è la combustione non industriale MS2 (Provincia di Modena 58%, Pianura Ovest 53% e Zona B 78%), seguito dal trasporto su strada (Provincia di Modena 21%, Pianura Ovest 24% e Zona B 9%) e dai processi industriali MS3 e dalla combustione industriale MS4 (Provincia di Modena 14%, Pianura Ovest 15% e Zona B 4%).

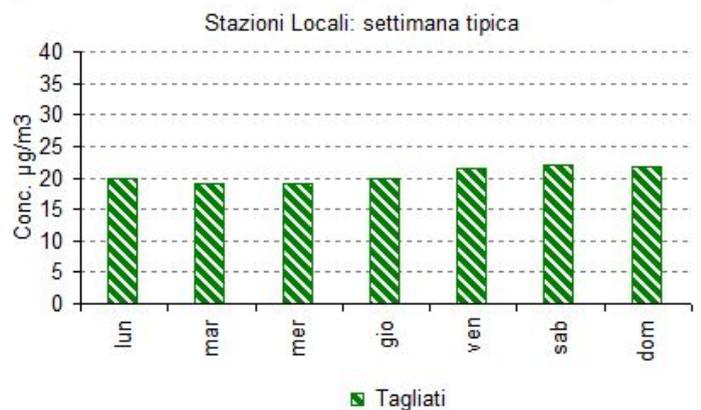
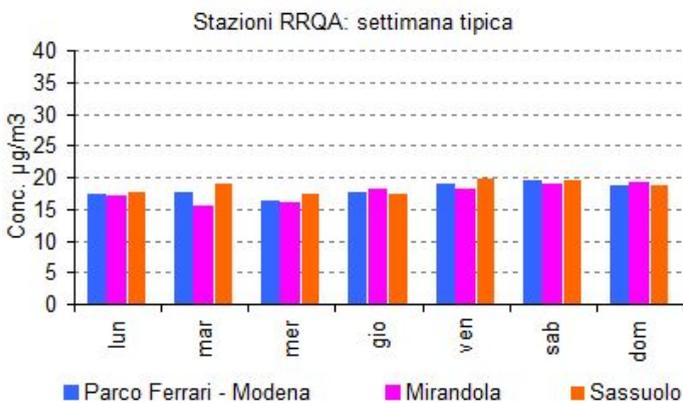
Polveri PM_{2,5}: concentrazioni e confronto con il Valore Limite annuale - anno 2018

Zona	Comune	STAZIONI	T i p o	Dati validi (%)	Concentrazioni (µg/m ³)						Media annuale (µg/m ³)
					min	max	50°	90°	95°	98°	
	Modena	Parco Ferrari		99	<5	82	14	34	43	51	18
	Mirandola	Gavello		98	<5	64	14	32	40	53	17
	Sassuolo	Parco Edilcarani		98	<5	70	13	37	44	54	18
	Modena	**Tagliati		99	<5	83	17	37	45	53	20
Tipo di Zona		Tipo di stazione		≤ Valore Limite > Valore Limite DLgs 155/2010: Valore Limite annuale = 25 µg/m ³							
	Urbana		Traffico								
	Suburbana		Fondo								
	Rurale		Industriale								

** Stazioni Locali



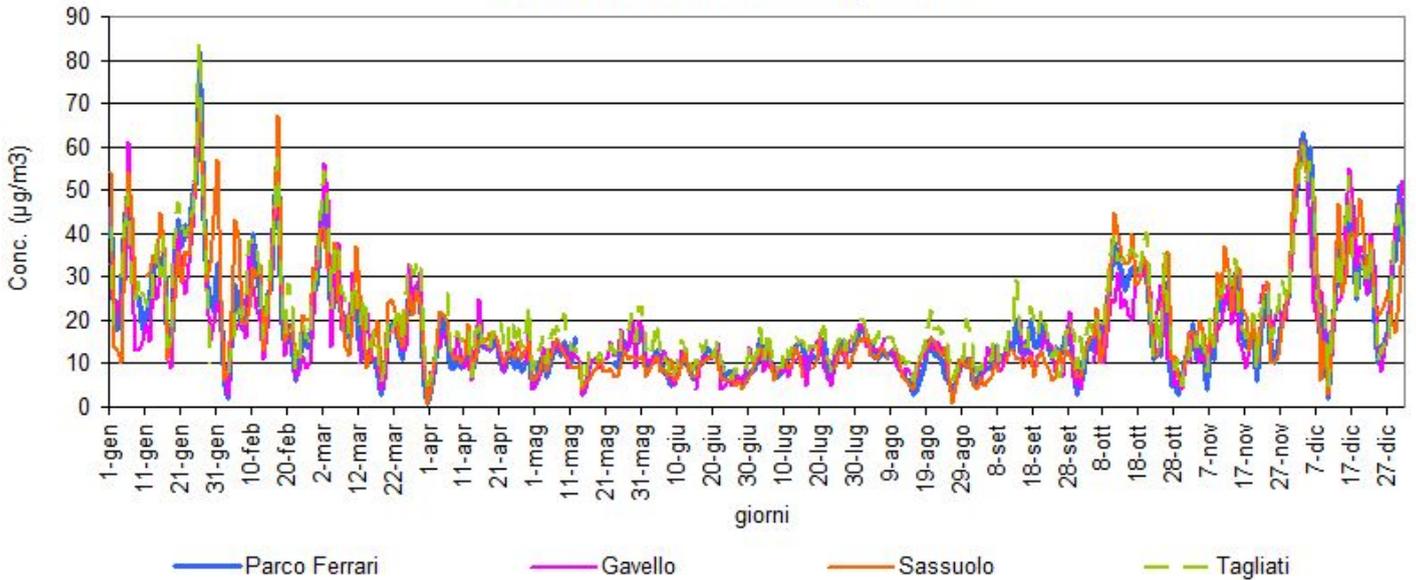
I mesi con le concentrazioni più alte di polveri PM_{2,5} sono stati gennaio, con una media provinciale di 33 µg/m³ e dicembre con 32 µg/m³.



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, seppur collocate in zone diverse e lontane fra loro. Anche la settimana tipica evidenzia questo aspetto, infatti si nota solo un lieve aumento, fino ad un massimo raggiunto nelle giornate di sabato e domenica.

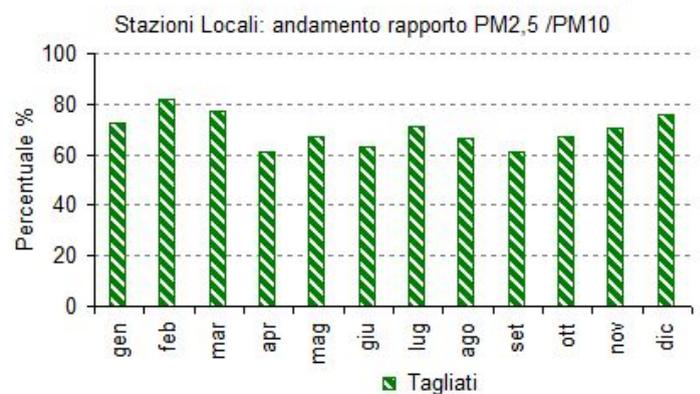
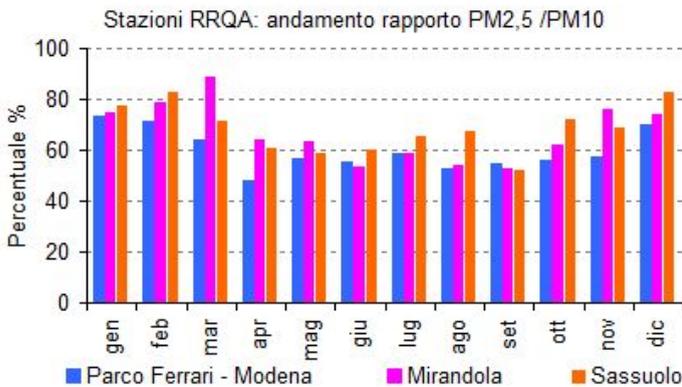
Il Valore Limite annuale di 25 µg/m³ non è stato superato da nessuna delle stazioni della rete di monitoraggio.

Polveri PM_{2,5}: concentrazioni giornaliere

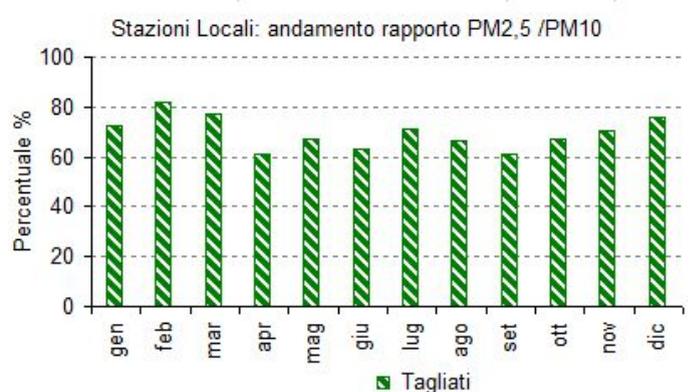
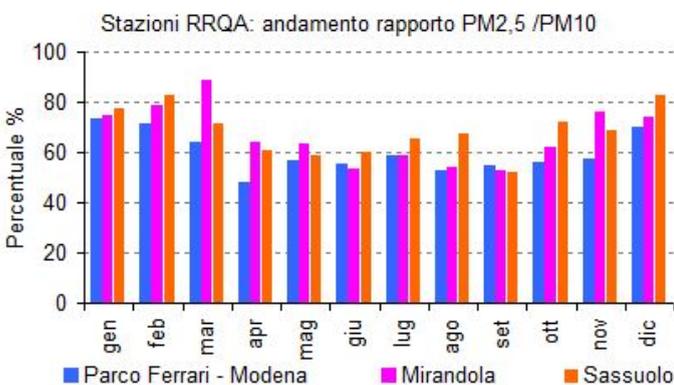


Il massimo valore dell'anno è stato misurato il 26 gennaio: 86 µg/m³ misurato presso la stazione di fondo di Parco Ferrari e 87 µg/m³ dalla Locale Tagliati.

Il rapporto tra i dati di PM_{2,5} e PM₁₀ misurati nella stessa stazione, cambia durante l'anno e si attesta su valori più elevati nei mesi critici (56-88%) mentre durante la stagione primaverile-estiva si abbassa (47-71%).



La stazione che presenta una percentuale più elevata di polveri PM_{2,5} rispetto al dato di PM₁₀ è quella di fondo rurale di Mirandola per la rete regionale e quella di Tagliati per la rete Locale; entrambe presentano un rapporto medio di PM_{2,5}/PM₁₀ del 66%.



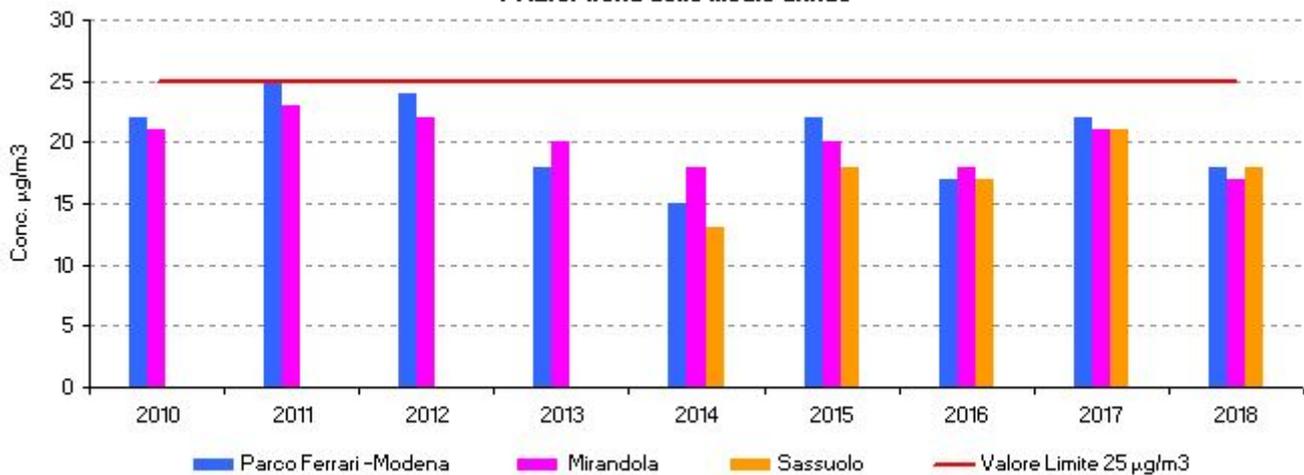
Il trend dei rapporti non presentano variazioni di rilievo.

Polveri PM_{2,5}: trend delle medie annuali dal 2010 al 2018

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni (µg/m³)								
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018
	Modena	Parco Ferrari		22	25	24	18	15	22	17	22	18
	Mirandola	Gavello		21	23	22	20	18	20	18	21	17
	Sassuolo	Parco Edilcarani						13	18	17	21	18
	Modena	**Tagliati					20	18	22	18	22	20
Tipo di Zona		Tipo di stazione		≤ Valore Limite > Valore Limite DLgs 155/2010: Valore Limite annuale = 25 µg/m³								
	Urbana		Traffico									
	Suburbana		Fondo									
	Rurale		Industriale									

**Stazioni Locali

PM2.5: trend delle medie annue



PM2.5: trend delle medie annue



Il trend delle medie annuali dal 2010 fino al 2018, mostra complessivamente una lieve diminuzione delle concentrazioni mediamente del 22%, particolarmente marcata soprattutto nel 2013, 2014, 2016 e 2018.

Stazionaria la Stazione Locale di Tagliati.

Metalli Pesanti:

Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni), Piombo (Pb)

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 (PM₁₀). 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.

Metalli Pesanti: concentrazioni e confronto con il Valore Limite o con il Valore Obiettivo - anno 2018

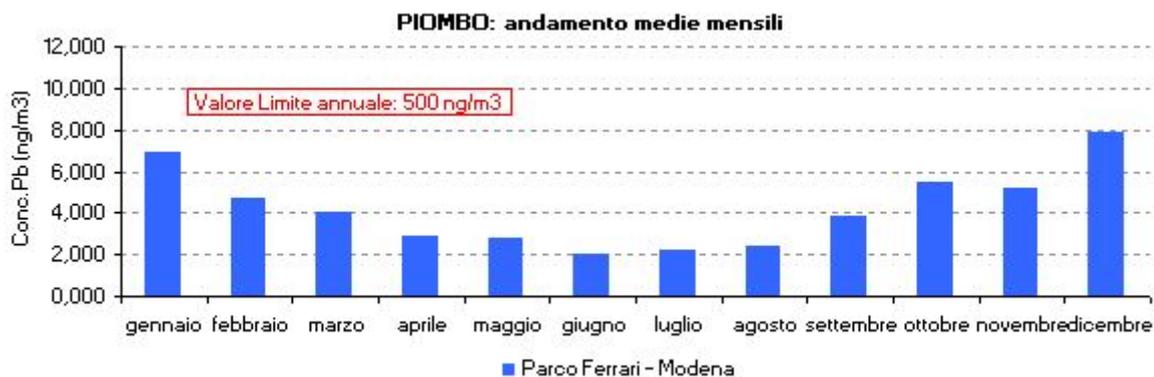
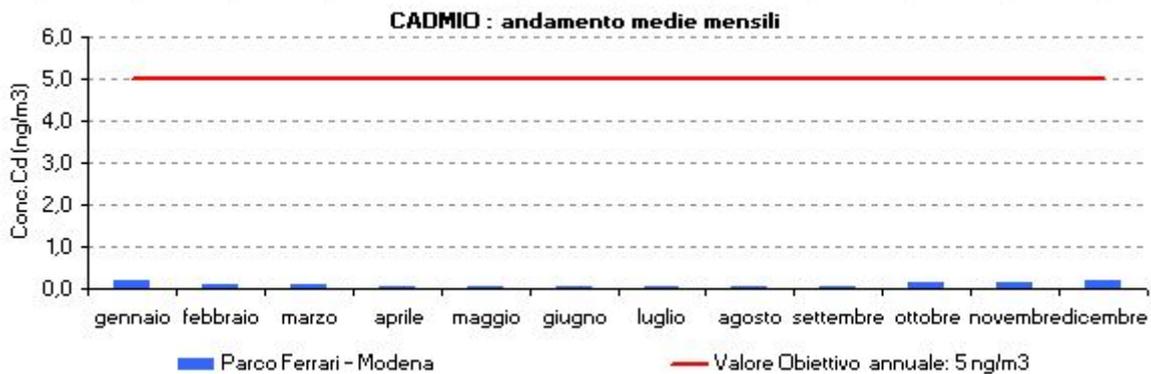
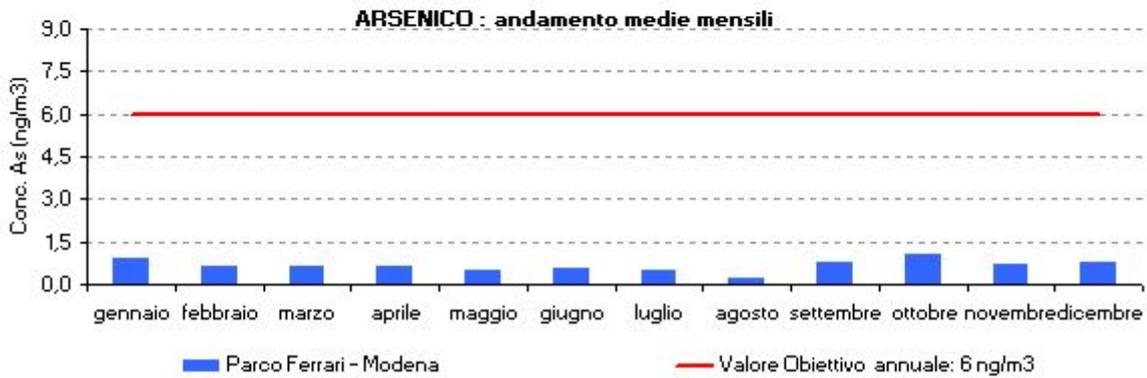
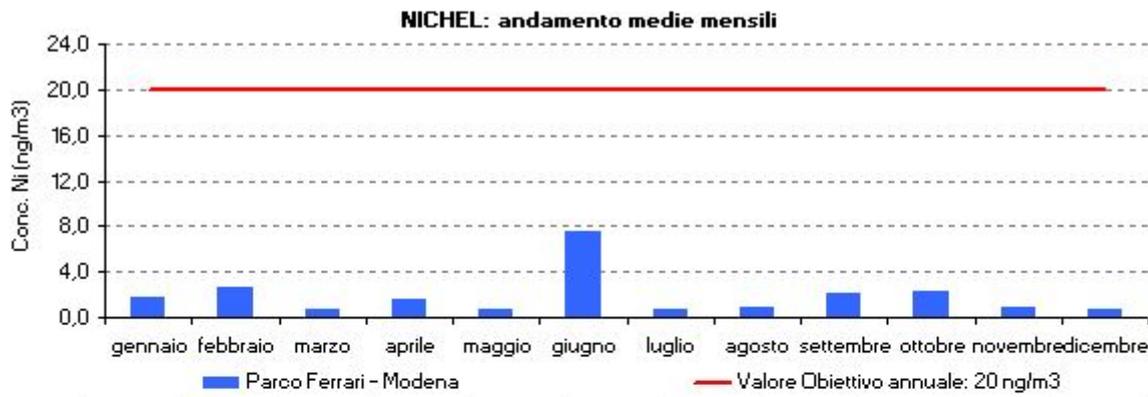
Zona	Comune	Stazione	Tipo	Dati validi (%)	NICHEL Concentrazioni (ng/m ³)						Media annuale (ng/m ³)
					min	max	50°	90°	95°	98°	
	Modena	Parco Ferrari		100	0,771	7,595	1,236	2,551	4,834	6,490	1,899
Valore Obiettivo											20,0 ng/m³

Zona	Comune	Stazione	Tipo	Dati validi (%)	ARSENICO Concentrazioni (ng/m ³)						Media annuale (ng/m ³)
					min	max	50°	90°	95°	98°	
	Modena	Parco Ferrari		100	0,199	1,031	0,658	0,899	0,965	1,004	0,659
Valore Obiettivo											6,0 ng/m³

Zona	Comune	Stazione	Tipo	Dati validi (%)	CADMIO Concentrazioni (ng/m ³)						Media annuale (ng/m ³)
					min	max	50°	90°	95°	98°	
	Modena	Parco Ferrari		100	0,038	0,193	0,076	0,184	0,191	0,192	0,093
Valore Obiettivo											5,0 ng/m³

Zona	Comune	Stazione	Tipo	Dati validi (%)	PIOMBO Concentrazioni (ng/m ³)						Media annuale (ng/m ³)
					min	max	50°	90°	95°	98°	
	Modena	Parco Ferrari		100	2,004	7,868	3,934	6,793	7,359	7,665	4,194
Valore Limite											500 ng/m³

Tipo di Zona	Tipo di stazione	
 Urbana	 Fondo	 ≤ Valore Limite  > Valore Limite

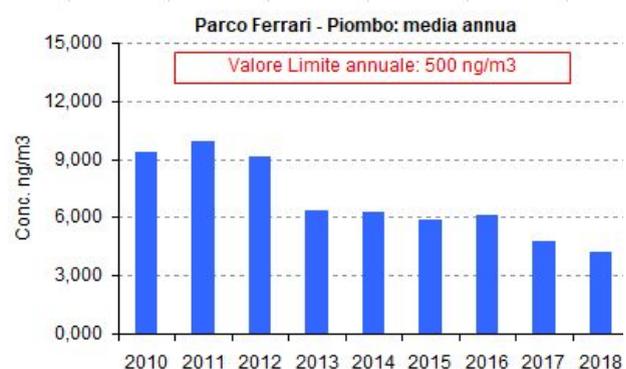
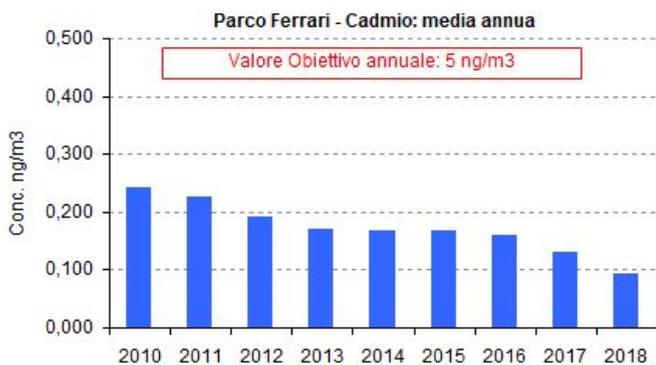


L'andamento delle concentrazioni mensili dei metalli esaminati mostra dati lievemente superiori nella stagione invernale.

Le concentrazioni rilevate sono ampiamente al di sotto dei valori di riferimento indicati dalla normativa per ogni metallo esaminato.

Metalli Pesanti: trend medie annuali 2010 - 2018

Zona	Comune	Stazione	Tipo	Metallo	Concentrazioni medie annue (ng/m ³)									
					Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	
	Modena	Parco Ferrari		Nichel	1,746	1,783	1,742	1,429	1,163	1,604	1,814	2,208	1,899	
				Arsenico	0,651	0,783	0,867	0,771	0,929	0,927	0,883	0,826	0,659	
				Cadmio	0,241	0,225	0,192	0,170	0,168	0,168	0,160	0,130	0,093	
				Piombo	9,387	9,933	9,117	6,330	6,242	5,889	6,088	4,765	4,194	
Tipo di Zona		Tipo di stazione		 ≤ Valore Limite  > Valore Limite										
 Urbana		 Fondo												



Se si considerano le concentrazioni medie annue dal 2010 al 2018, si può osservare un leggero calo per Piombo e Cadmio e una stabilità per Arsenico e Nichel.

Idrocarburi Policiclici Aromatici – 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/m³ di benzo(a)pirene sono a rischio di contrarre il cancro, da questa concentrazione è stato ricavato il valore obiettivo.

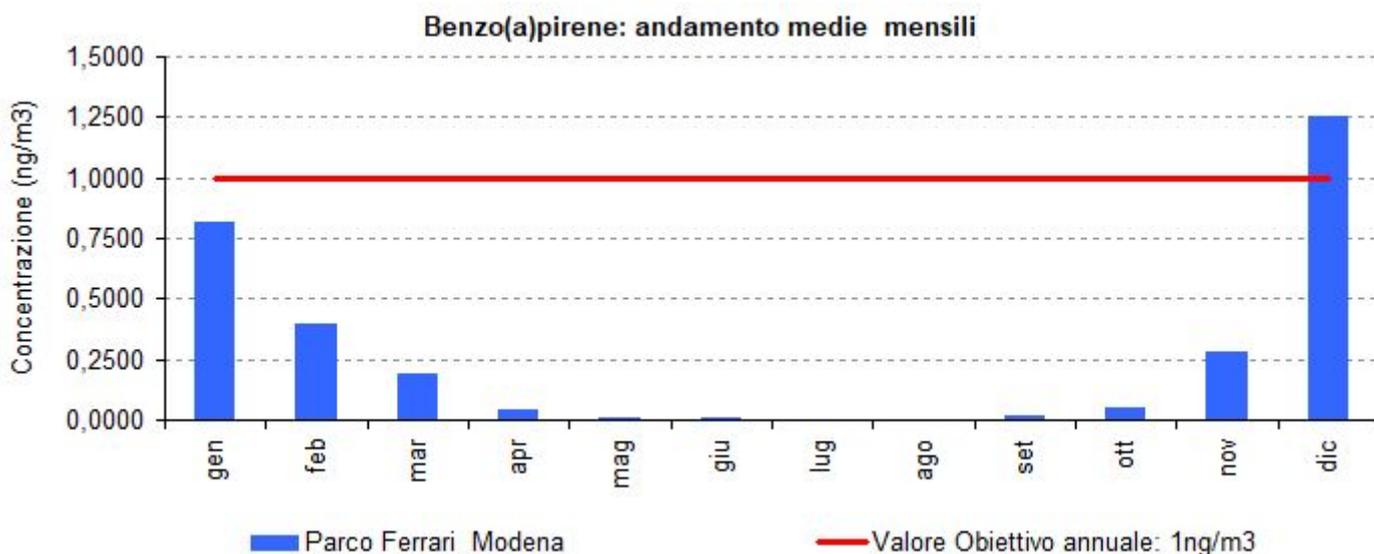
Processo di generazione

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.

Benzo (a)pirene: concentrazioni e confronto con il Valore obiettivo - anno 2018

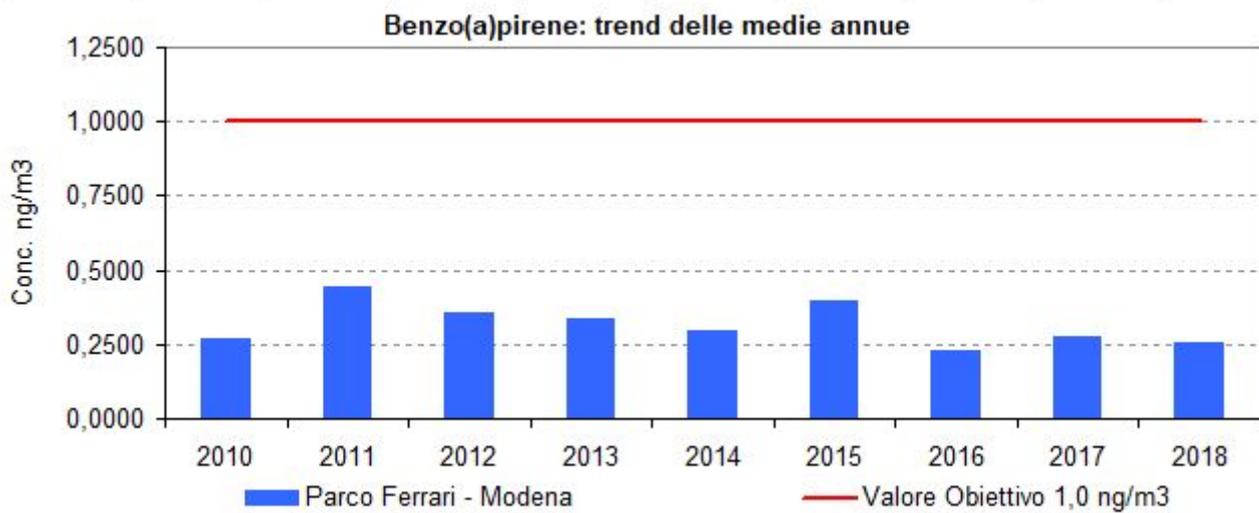
Zona	Comune	Stazione	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni (ng/m ³)						Media annuale (ng/m ³)
					min	max	50°	90°	95°	98°	
	Modena	Parco Ferrari		100	0,0029	1,2525	0,,0432	0,7773	1,0145	1,1573	0,2552
Tipo di Zona		Tipo di stazione		≤ Valore Limite > Valore Limite Valore Obiettivo 1,0 ng/m³							
	Urbana		Fondo								



I mesi con i valori più alti di benzo-a-pirene sono dicembre con una concentrazione mensile di 1,2525 ng/m³, segue gennaio con 0,8197 ng/m³. La media annuale risulta comunque ampiamente inferiore al Valore Obiettivo di 1 ng/m³.

Benzo (a)pirene: trend delle medie annuali dall'anno 2010 al 2018

Zona	Comune	Stazione	Tipo	Concentrazioni medie annue (ng/m ³)								
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018
	Modena	Parco Ferrari		0,2661	0,4421	0,3558	0,3383	0,2952	0,3954	0,2311	0,2745	0,2552
Tipo di Zona		Tipo di stazione		 ≤ Valore Limite  > Valore Limite Valore Obiettivo 1,0 ng/m ³								
	Urbana		Fondo									



I dati dal 2010 al 2018 sono sempre risultati molto contenuti e lontani dal Valore Obiettivo: il trend evidenzia una stabilità dei dati negli anni considerati.

Ozono (O₃)

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 (O₃) 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 emissive degli inquinanti precursori, nelle zone suburbane e rurali, anche dell'Appennino.

Provoca infiammazioni a polmoni e bronchi; riduce la capacità delle piante di eseguire la fotosintesi, indebolisce la loro crescita e riproduzione.

Processo di generazione

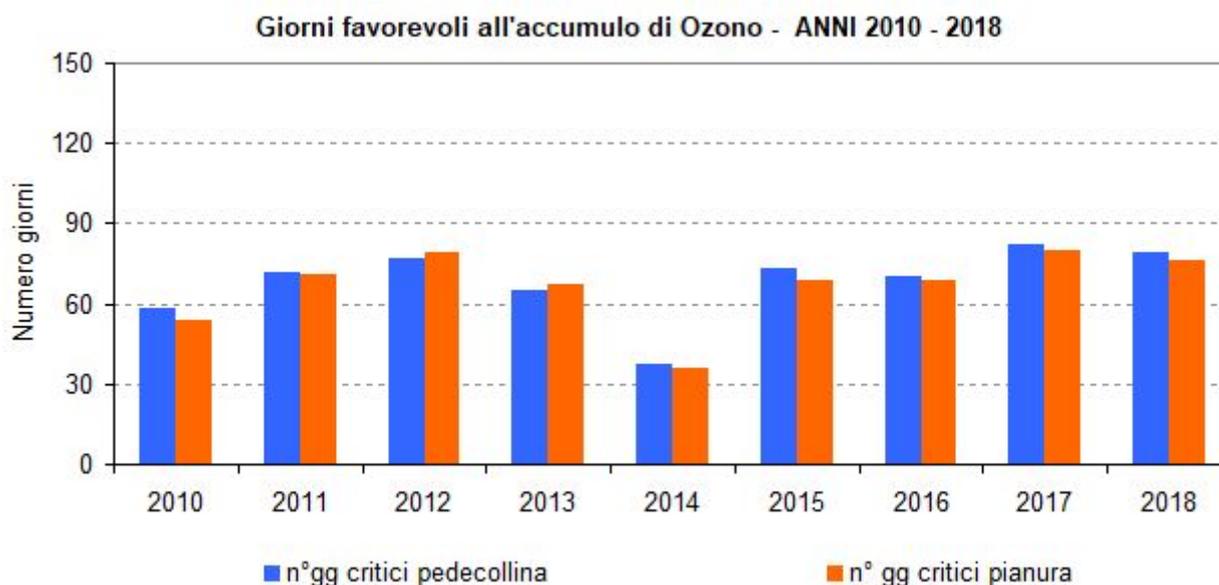
Le reazioni fotochimiche che portano alla generazione dell'ozono avvengono a partire da inquinanti precursori presenti in atmosfera: ossidi d'azoto e composti organici volatili. Le reazioni sono catalizzate dalla radiazione solare; questo rende l'ozono un inquinante tipicamente estivo, con valori di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

Giorni favorevoli all'accumulo dell'Ozono (O₃)

L'indicatore scelto per identificare le giornate favorevoli alla formazione di ozono troposferico è il superamento di 29°C della temperatura massima giornaliera. Si tratta di un indicatore molto semplice, che non prende in considerazione la totale complessità delle interazioni tra meteorologia, chimica e trasporto dell'ozono.

Nella tabella sotto riportata vengono messi a confronto i dati della Pianura con quelli della Pedecollina relativi agli anni dal 2010 al 2018.

	Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018
Numero giorni critici Pianura	58	72	77	65	37	73	58	66	79
Numero giorni critici Pedecollina	54	71	79	67	36	69	69	65	76



Dal grafico si può notare come non esista differenza tra la zona di pianura e la pedecollina.

L'andamento dei giorni favorevoli all'accumulo di ozono presenta una marcata variabilità annuale; le estati più critiche, caratterizzate da temperature particolarmente elevate e precipitazioni molto scarse sono state quelle del 2012 e del 2017, anni in cui i livelli di ozono sono risultati particolarmente elevati.

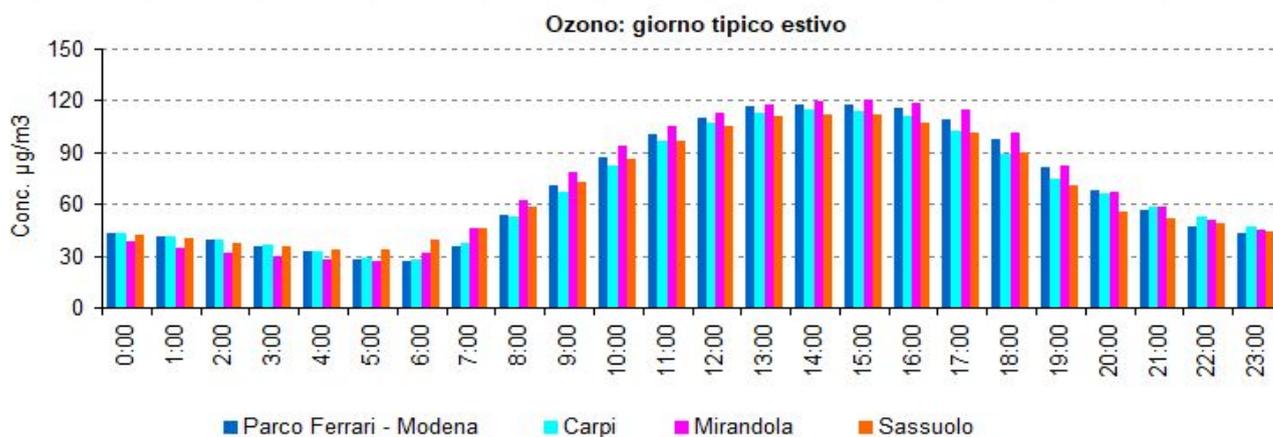
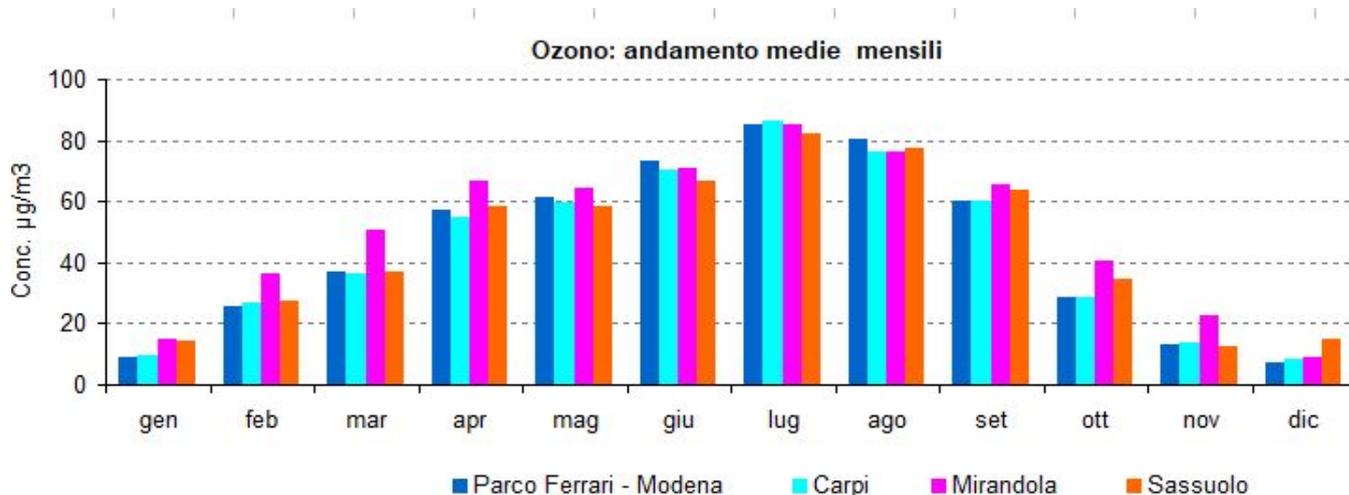
Protezione della salute umana

O₃: concentrazioni e confronto con le Soglie di Informazione e di Allarme - anno 2018

Zona	Comune	Stazione	Tipo	Concentrazioni (µg/m ³)								Num. GIORNI con sup, della Soglia Informazione	Num. ORE con sup della Soglia Informazione
				Dati validi (%)	min	media	max	50°	90°	95°	98°		
	Modena	Parco Ferrari		100	<10	45	191	34	110	126	141	1	3
	Carpi	Remesina		100	<10	44	207	36	103	122	141	3	10
	Mirandola	Gavello		100	<10	50	194	41	112	128	143	1	3
	Sassuolo	Parco Edilcarani		100	<10	45	189	35	102	122	139	2	3

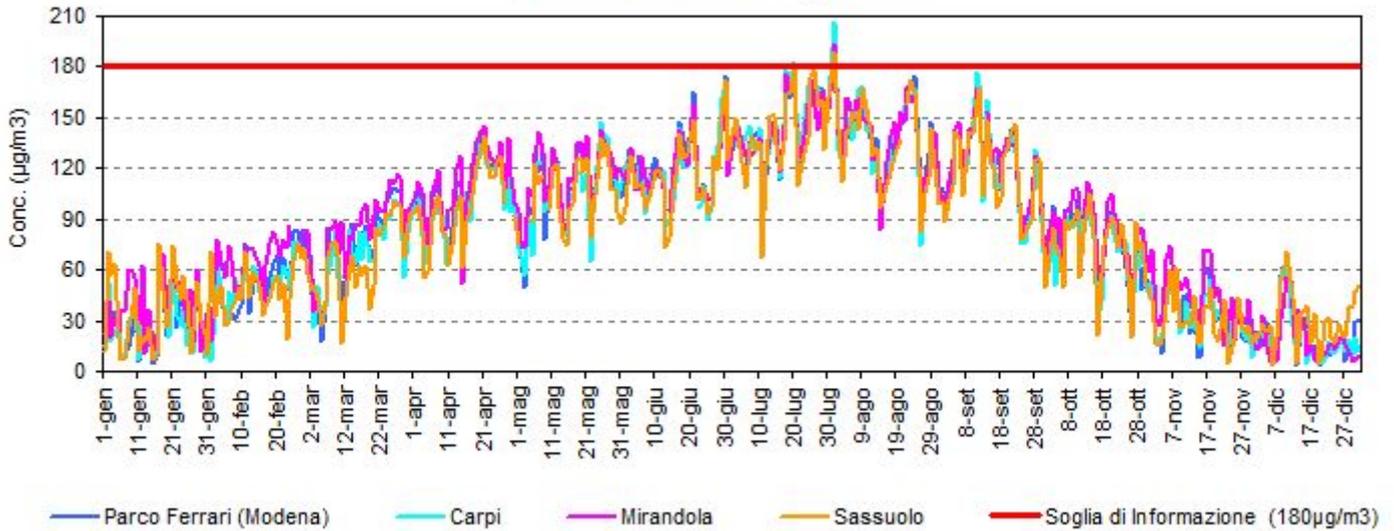
Tipo di Zona	Tipo di stazione
Urbana	Traffico
Suburbana	Fondo
Rurale	Industriale

■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite
DLgs 155/2010:
Soglia di Informazione: media oraria 180 µg/m³
Soglia di Allarme: media oraria 240 µg/m³



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.

Ozono: massimo orario giornaliero



L'andamento dei massimi orari evidenzia che è stata superata la soglia di Informazione il 20 e 31 luglio e il 1 agosto: in queste giornate le temperature massime sono state superiori a 33 °C. Non risulta invece mai superata la Soglia di Allarme di 240 µg/m³.

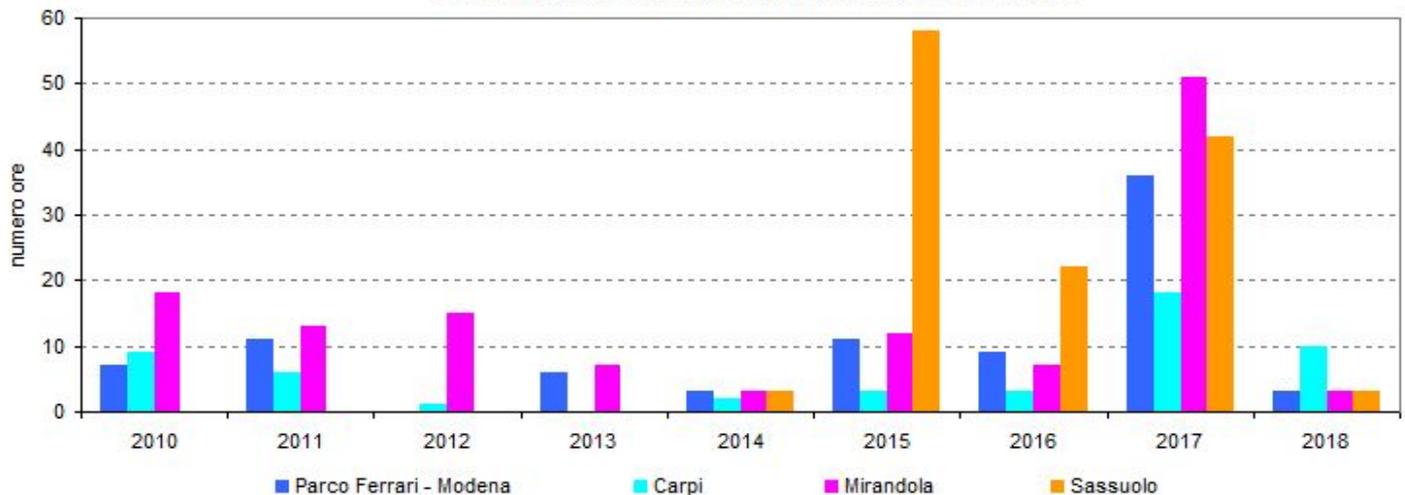
Nella tabella sottostante vengono indicate, per ciascuna stazione di monitoraggio, le ore di superamento della soglia di Informazione e i relativi valori di concentrazione:

Parco Ferrari - MODENA			CARPI			MIRANDOLA			SASSUOLO		
data	ora	conc. (µg/m ³)	data	ora	conc. (µg/m ³)	data	ora	O3 conc. (µg/m ³)	data	ora	O3 conc. (µg/m ³)
01/08/18	12:00	190	20/07/18	15:00	183	01/08/18	12:00	182	20/07/18	15:00	181
01/08/18	13:00	191	31/07/18	14:00	184	01/08/18	16:00	185	01/08/18	12:00	189
01/08/18	14:00	182	31/07/18	15:00	191	01/08/18	17:00	194	01/08/18	13:00	185
			31/07/18	16:00	191						
			31/07/18	17:00	183						
			01/08/18	12:00	196						
			01/08/18	13:00	200						
			01/08/18	14:00	207						
			01/08/18	15:00	190						
			01/08/18	16:00	192						
Numero ore di superamento della Soglia di Informazione											
Parco Ferrari - MODENA			CARPI			MIRANDOLA			SASSUOLO		
3			10			3			3		

Ozono (O₃): trend del n° di ore di superamento della Soglia di Informazione per la protezione della salute umana (anni dal 2010 al 2018)

Zona	Comune	Stazione	Tipo	Numero di ore con superamento della Soglia di Informazione									
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	
	Modena	Parco Ferrari		7	11	0	6	3	11	9	36	3	
	Carpi	Remesina		9	6	1	0	2	3	3	18	10	
	Mirandola	Gavello		18	13	15	7	3	12	7	51	3	
	Sassuolo	Parco Edilcarani						3	58	22	42	3	
Tipo di Zona		Tipo di stazione		 DLgs 155/2010: Soglia di Informazione: media oraria 180 µg/m³									
	Urbana		Traffico										
	Suburbana		Fondo										
	Rurale		Industriale										

Ozono: trend dei superamenti della Soglia di Informazione

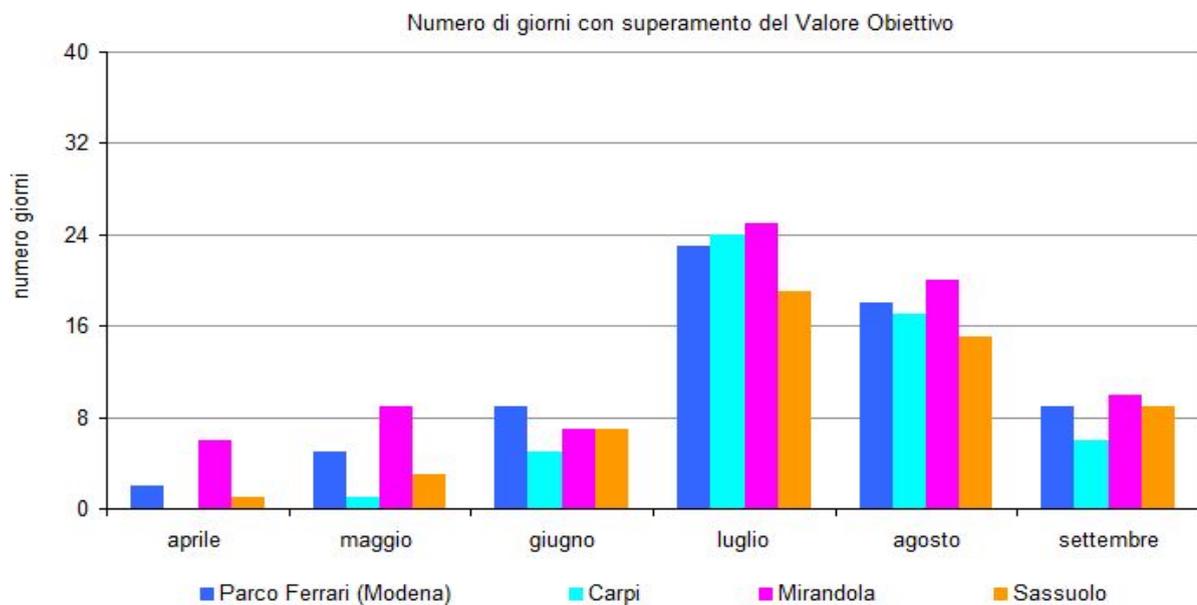


Nel 2018 si è assistito ad un calo dei superamenti della Soglia di Informazione.

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.

Ozono (O₃): numero giorni con superamento dell'Obiettivo a lungo termine - anno 2018

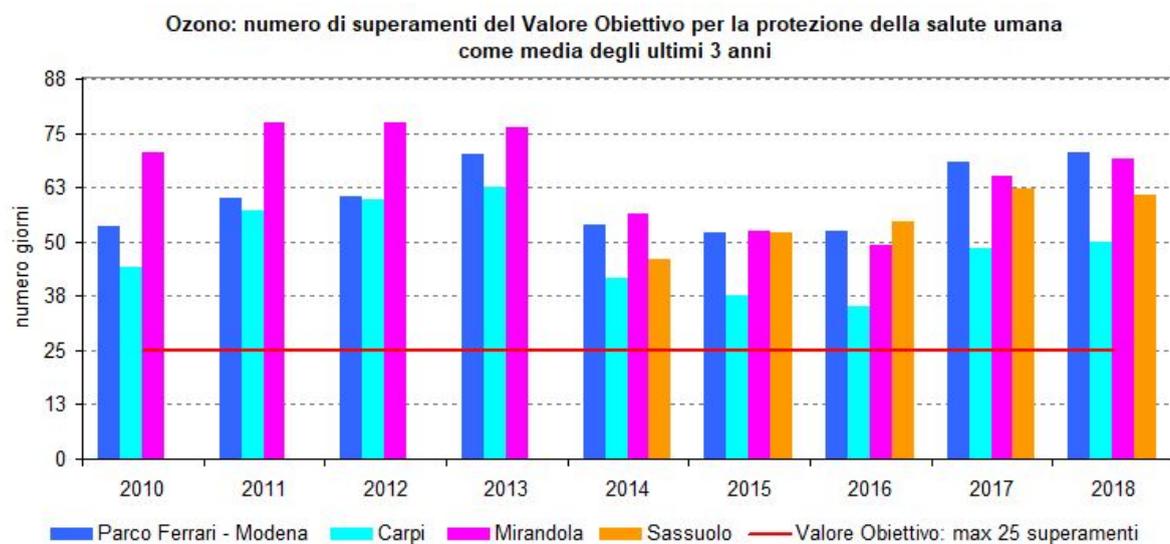
Zona	Comune	Stazione	Tipo	Numero di giorni con superamento dell'Obiettivo a Lungo Termine						Num. giorni con sup dell'Obiettivo a Lungo Termine - anno 2018
				apr	mag	giu	lug	ago	set	
	Modena	Parco Ferrari		2	5	9	23	18	9	66
	Carpi	Remesina		0	1	5	24	17	6	53
	Mirandola	Gavello		6	9	7	25	20	10	72
	Sassuolo	Parco Edilcarani		1	3	7	19	15	9	54
Tipo di Zona		Tipo di stazione		 ≤ Valore Limite  > Valore Limite DLgs 155/2010: Obiettivo a lungo termine: 120 µg/m³ (massima media mobile 8 ore)						
	Urbana		Traffico							
	Suburbana		Fondo							
	Rurale		Industriale							



I mesi peggiori sono stati luglio e agosto: la stazione che ha misurato il maggior numero di superamenti dell'Obiettivo a lungo termine è stata quella di fondo rurale a Mirandola, che ha misurato 25 giorni di superamento a luglio e 20 ad agosto.

Ozono (O₃): trend del numero di giorni di superamento del Valore Obiettivo dal 2010 al 2018 - Media dei 3 anni

Zona	Comune	Stazione	Tipo	Numero di giorni con superamento del Valore Obiettivo (media di 3 anni)								
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018
	Modena	Parco Ferrari		54	60	60	70	54	52	52	68	71
	Carpi	Remesina		44	57	60	63	42	38	35	49	50
	Mirandola	Gavello		71	78	78	76	57	53	49	65	69
	Sassuolo	Parco Edilcarani						46	52	55	62	61
Tipo di Zona		Tipo di stazione		≤ Valore Limite > Valore Limite Valore Obiettivo: massima media mobile 8 ore 120 µg/m³ da non superare più di 25 volte come media di 3 anni								
	Urbana		Traffico									
	Suburbana		Fondo									
	Rurale		Industriale									



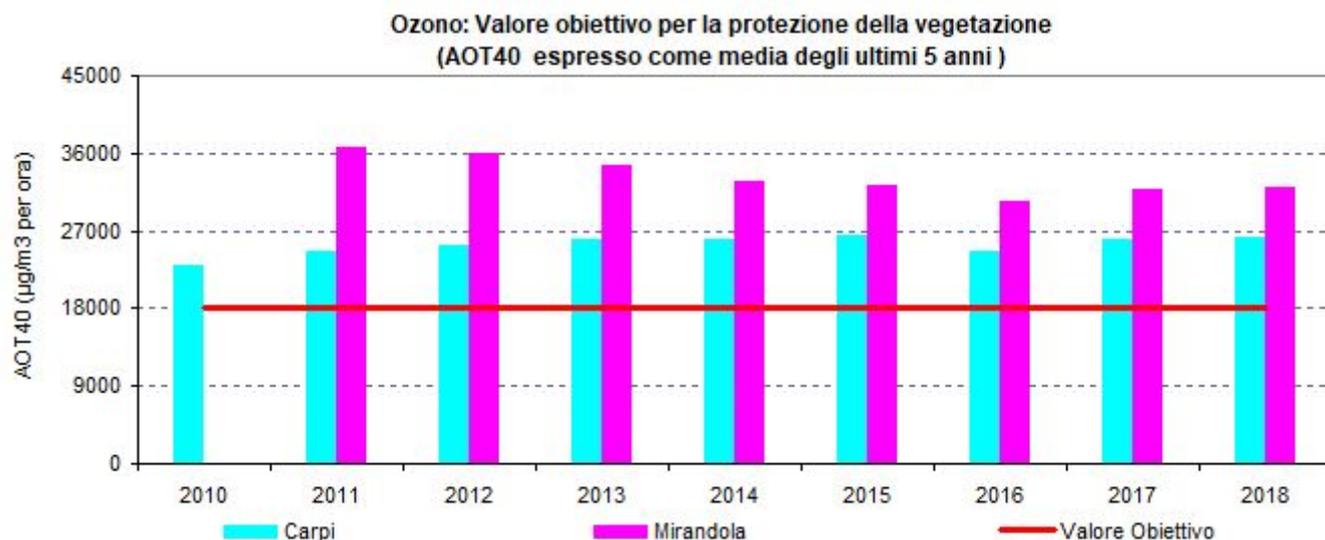
Nel grafico vengono riportati i superamenti del Valore Obiettivo (numero di superamenti dell'Obiettivo a Lungo Termine mediati su 3 anni) a confronto con il Valore Obiettivo di 25 superamenti, massimo indicato dalla normativa per la protezione della salute umana.

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

Protezione della vegetazione

Ozono (O₃): trend AOT 40 (Anni 2010-2018)

Zona	Comune	Stazione	Tipo	AOT40 (µg/m ³ h) media di 5 anni								
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018
	Carpi	Remesina		23022	24581	25366	25900	25936	26434	24633	25876	26264
	Mirandola	Gavello			36559	35974	34493	32716	32335	30353	31675	32008
Tipo di Zona		Tipo di stazione		 ≤ Valore Limite  > Valore Limite AOT40 * (calcolata sulla base dei valori di 1 ora) da maggio a luglio come media su 5 anni: 18000 µg/m³h Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m ³ e 80 µg/m ³ 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								
 Urbana	 Traffico											
 Suburbana	 Fondo											
 Rurale	 Industriale											



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 2018 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 NO₂

Con il termine NO_x 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 (NO₂), 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 PM₁₀ e PM_{2,5}.

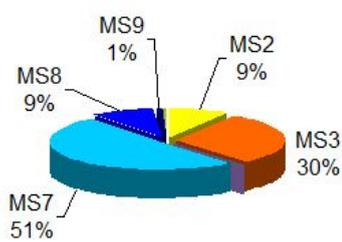
Processo di generazione

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 (NO₂) si forma prevalentemente dall'ossidazione del monossido di azoto (NO) e solo in parte viene emesso direttamente.

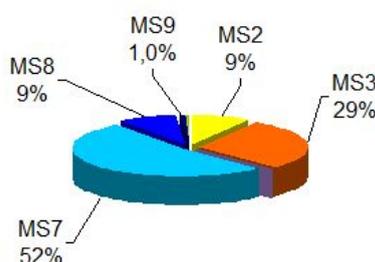
Le Emissioni a Modena

Macrosettori		Provincia di Modena (t/anno)	Pianura Ovest (t/anno)	Zona B (t/anno)
MS1	Produzione Energia e trasformazione di combustibili	0	0	0
MS2	Combustione non industriale	940	798	141
MS3	Combustione industriale	3110	2665	445
MS4	Processi Industriali	6	4	2
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0
MS6	Uso di solventi	2	2	0
MS7	Trasporto su strada	5307	4865	442
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	979	788	191
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti	93	93	1
MS10	Agricoltura	45	44	2
totale		10482	9258	1224
		%	88%	12%

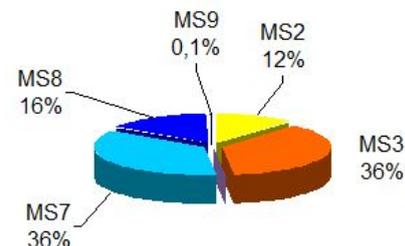
Provincia di Modena



Pianura Ovest



Zona B



Il contributo della zona di pianura sulle emissioni totali di ossidi di azoto (NO_x) è dell' 88% mentre la zona B (appennino) contribuisce solo per il 12%.

Se analizziamo le emissioni dei vari macrosettori, possiamo desumere che la fonte principale di NO_x è il trasporto su strada MS7 (Provincia di Modena 51%, Pianura Ovest 52% e Zona B 36%), seguito dalla combustione industriale MS3 (Provincia di Modena 30%, Pianura Ovest 29% e Zona B 36%) e dalla combustione non industriale MS2 (Provincia di Modena 9%, Pianura Ovest 9% e Zona B 12%) e infine dalle altre sorgenti mobili e macchinari MS8 (Provincia di Modena 9%, Pianura Ovest 9% e Zona B 16%).

Biossido di azoto NO₂: concentrazioni e confronto con il Valore Limite annuale - anno 2018

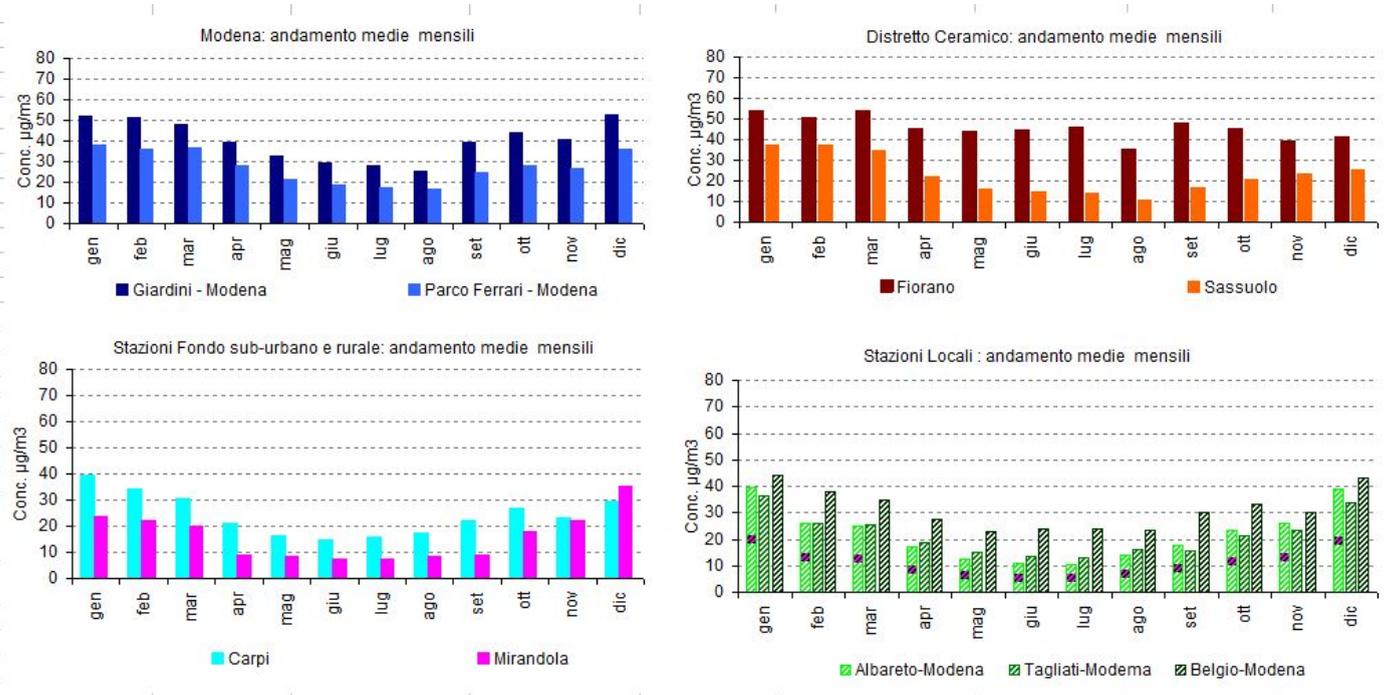
Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni (µg/m ³)						Media annuale (µg/m ³)
					min	max	50°	90°	95°	98°	
Urbana	Modena	Giardini	Traffico	100	< 12	172	37	66	76	88	40
	Modena	Parco Ferrari	Fondo	100	< 12	120	25	49	57	68	27
Suburbana	Carpi	Remesina	Fondo	98	< 12	122	21	44	53	65	24
Rurale	Mirandola	Gavello	Fondo	100	< 12	66	12	32	39	46	15
Urbana	Fiorano	San Francesco	Traffico	99	< 12	180	39	84	93	106	45
	Sassuolo	Parco Edilcarani	Fondo	98	< 12	97	18	40	48	59	22
Suburbana	Modena	**Albareto	Industriale	99	< 12	93	18	44	50	40	22
Suburbana	Modena	**Tagliati	Industriale	99	< 12	95	19	40	47	27	21
Suburbana	Modena	**Belgio	Industriale	100	< 12	134	29	57	68	24	31

Tipo di Zona	Tipo di stazione
Urbana	Traffico
Suburbana	Fondo
Rurale	Industriale

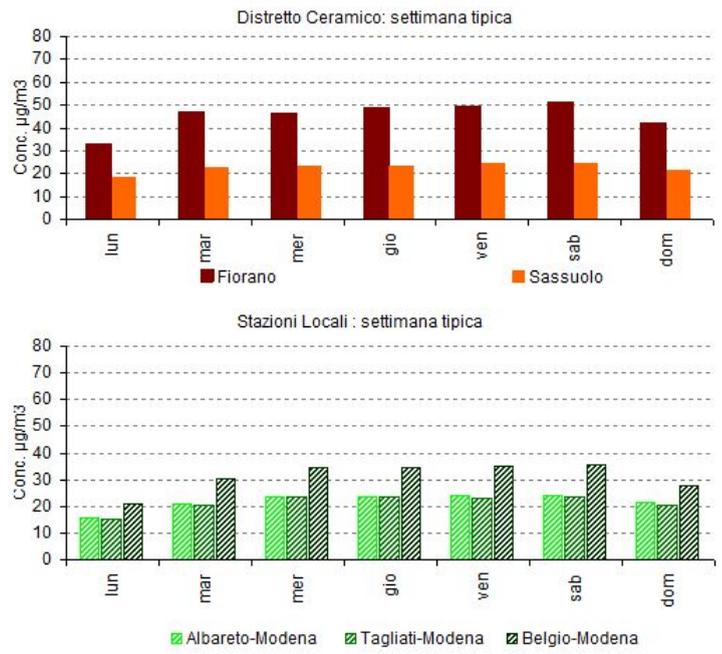
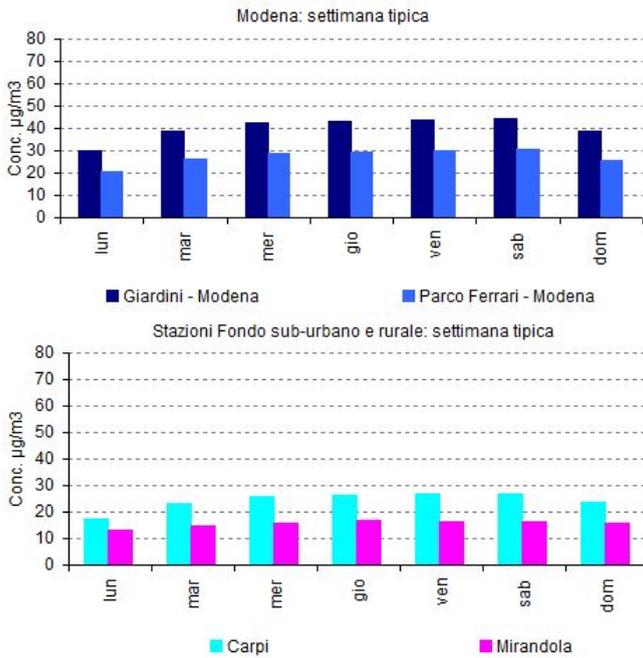
■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

DLgs 155/2010: Valore Limite orario= 200 µg/m³ (da non superare più di 18 volte per anno civile)
DLgs 155/2010: Valore Limite annuale = 40 µg/m³

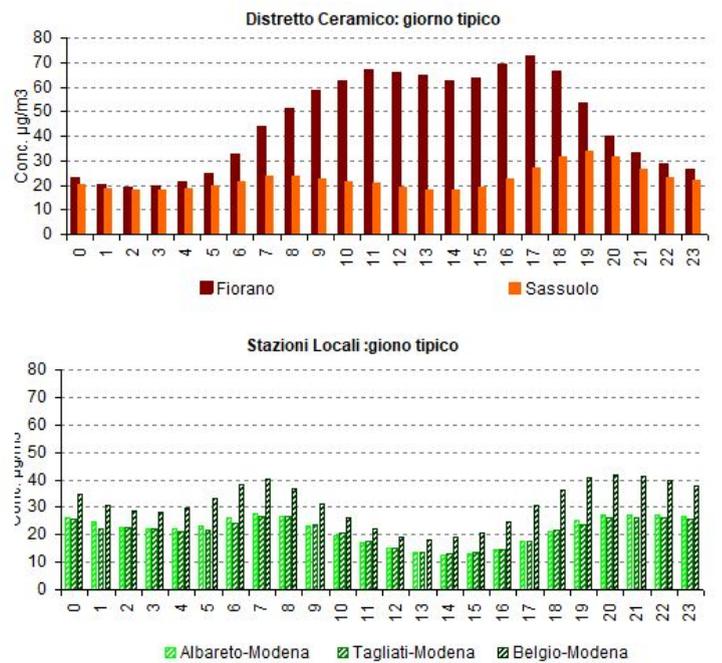
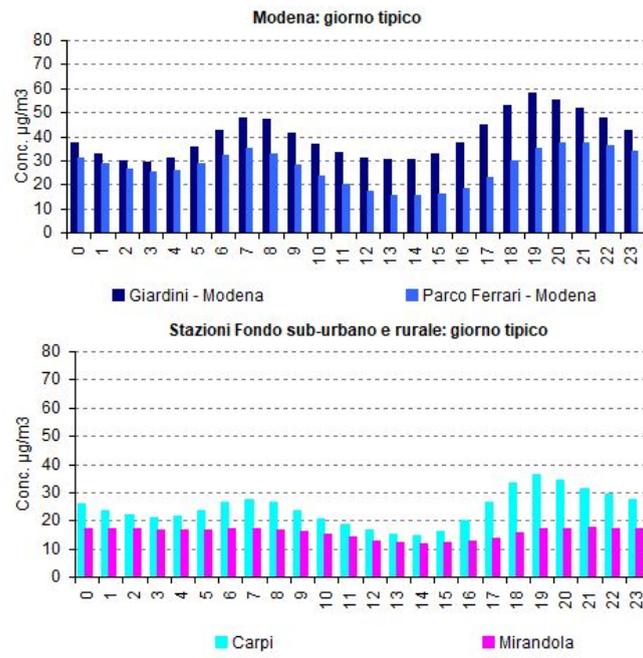
**Stazioni Locali



Se si analizzano i dati medi mensili si può evidenziare che il periodo peggiore è quello invernale, quando la stabilità atmosferica favorisce l'accumulo degli inquinanti; i mesi peggiori nel 2018 sono stati gennaio e febbraio con una media provinciale rispettivamente di 40 µg/m³ e di 38 µg/m³, unica eccezione la stazione di Fiorano dove le concentrazioni non calano in modo evidente nella stagione estiva.



La settimana tipica mostra un accumulo progressivo fino alla giornata di sabato, che risulta essere la peggiore, poi un calo 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.



Il giorno tipico mostra generalmente un doppio picco (il primo tra le 7 e le 8, e il secondo tra le 19 e le 20) in corrispondenza del maggior traffico, più evidente alla sera a causa della componente fotochimica del biossido. Fanno eccezione la stazione di Fiorano, caratterizzata da un traffico di tipo industriale che non diminuisce nelle ore centrali della giornata e la stazione di fondo rurale di Mirandola, collocata lontano da fonti di emissioni dirette e i cui dati appaiono piuttosto contenuti e non subiscono oscillazioni nella giornata.

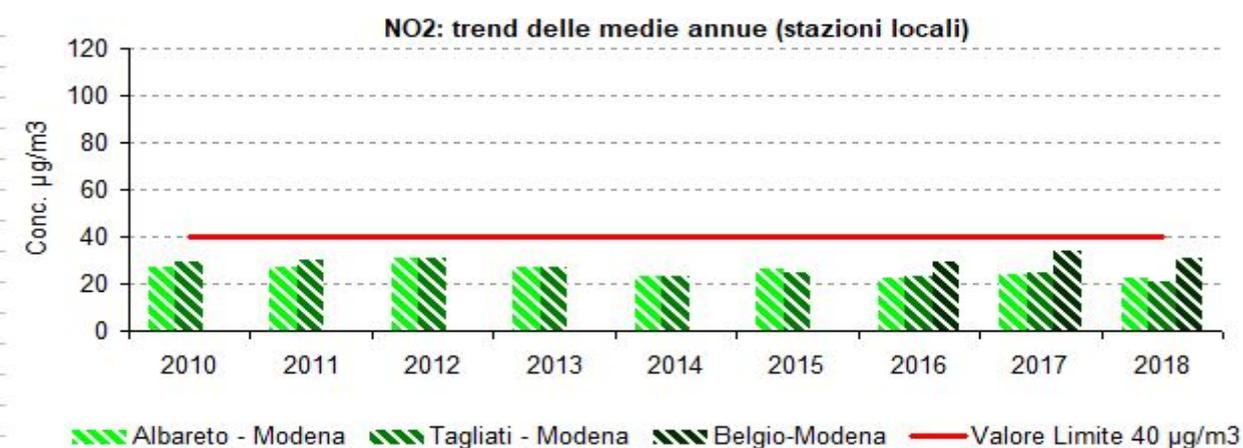
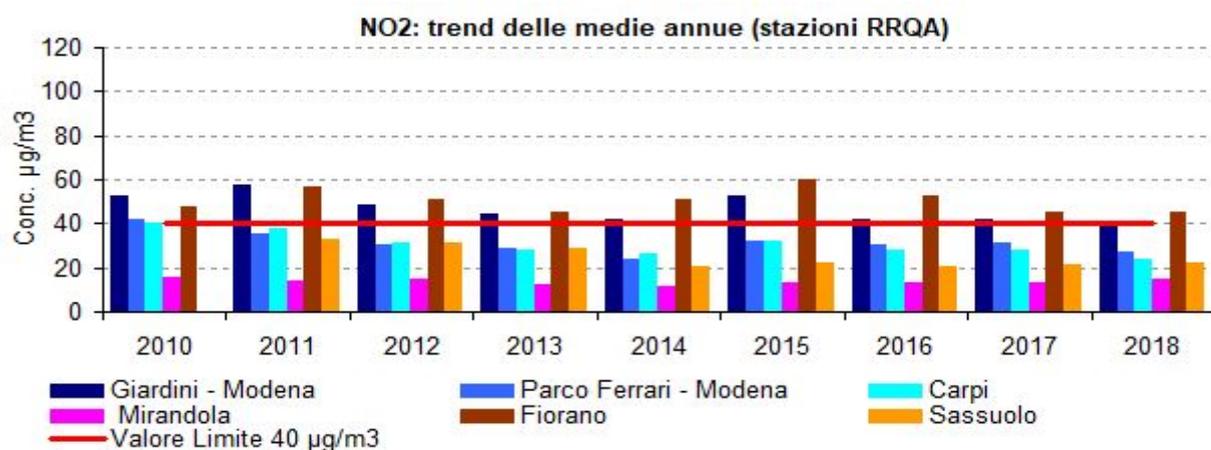
Il Valore Limite annuale è stato superato solo dalla stazione da traffico di San Francesco a Fiorano e il Valore Limite orario di 200 µg/m³ non è mai stato superato in nessuna stazione.

Biossido di azoto NO₂: trend delle medie annuali dal 2010 al 2018

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni (µg/m ³)								
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018
Urbana	Modena	Giardini	Traffico	53	57	49	44	42	53	42	42	40
	Modena	Parco Ferrari	Fondo	42	35	31	29	24	32	30	31	27
Suburbana	Carpi	Remesina	Fondo	40	38	32	28	26	32	28	28	24
Rurale	Mirandola	Gavello	Fondo	16	14	15	12	12	13	13	13	15
Urbana	Fiorano	San Francesco	Traffico	48	56	51	45	51	60	52	45	45
	Sassuolo	Parco Edilcarani	Fondo		33	31	29	21	22	21	21	22
Suburbana	Modena	**Albareto	Industriale	27	27	31	27	23	26	22	24	22
Suburbana	Modena	**Tagliati	Industriale	29	30	31	27	23	25	23	25	21
Suburbana	Modena	**Belgio	Industriale								34	31

Tipo di Zona	Tipo di stazione	
<ul style="list-style-type: none"> Urbana Suburbana Rurale 	<ul style="list-style-type: none"> Traffico Fondo Industriale 	<p>■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite</p> <p>DLgs 155/2010: Valore Limite orario= 200 µg/m³ (da non superare più di 18 volte per anno civile)</p> <p>DLgs 155/2010: Valore Limite annuale = 40 µg/m³</p>

**Stazioni Locali



Il trend delle medie annuali dal 2010 fino al 2018, mostra complessivamente una diminuzione delle concentrazioni mediamente del 23%, con il rispetto del Valore Limite annuale da parte della maggior parte delle stazioni dall'anno 2011, a parte quelle da traffico. Stazionaria la stazione di fondo rurale con valori vicini al limite di rilevabilità strumentale.

Analogo andamento si osserva per le stazioni locali che evidenziano una riduzione delle concentrazioni mediamente del 20%.

Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni

Il benzene (C₆H₆) 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.

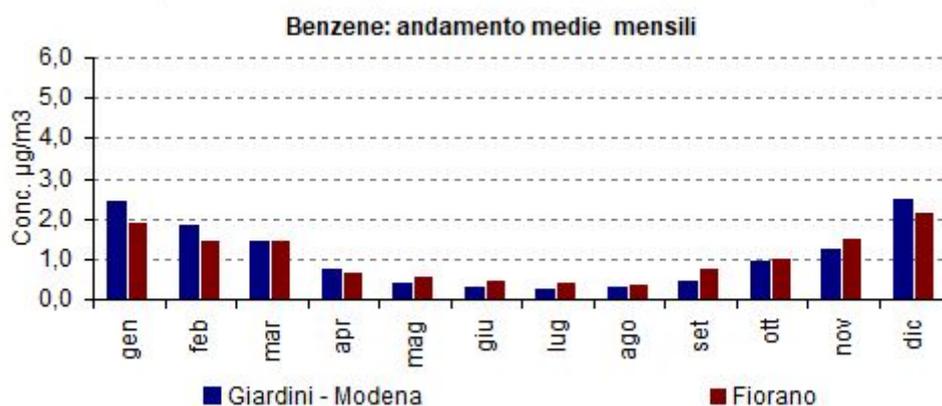
L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) classifica il benzene come sostanza cancerogena di classe I, in grado di produrre varie forme di leucemia. La classe I corrisponde ad una evidenza di cancerogenicità per l'uomo di livello "sufficiente".

Processo di generazione

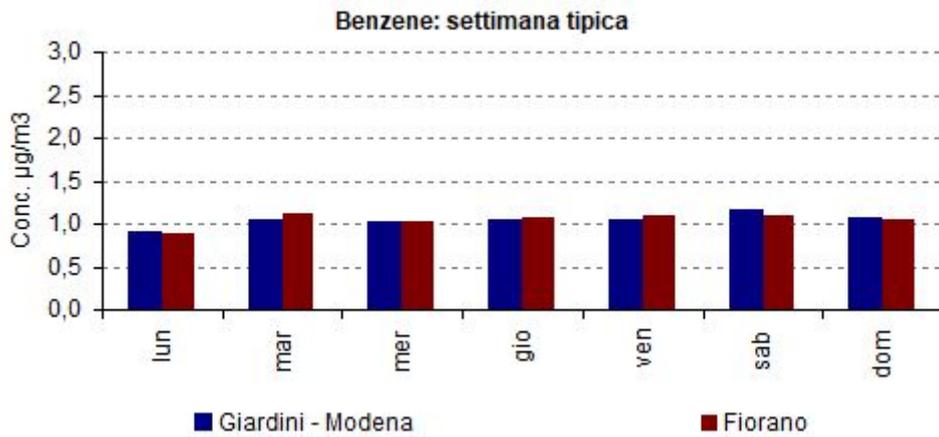
In passato il benzene è stato ampiamente utilizzato come solvente in molteplici attività industriali e artigianali (produzione di gomma, plastica, inchiostri e vernici, nell'industria calzaturiera, nella stampa a rotocalco, nell'estrazione di oli e grassi etc.). La maggior parte del benzene oggi prodotto (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.

Benzene: concentrazioni e confronto con il Valore Limite annuale - anno 2018

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni (µg/m ³)						Media annuale (µg/m ³)
					min	max	50°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		95	<0,5	10,4	0,6	2,4	3,1	4,2	1,0
	Fiorano	San Francesco		98	<0,5	6,2	0,8	2,2	2,8	3,4	1,0
Tipo di Zona		Tipo di stazione		 DLgs 155/2010: Valore Limite annuale = 5 µg/m³							
	Urbana		Traffico								



I mesi in cui si registrano i dati più alti sono quelli invernali, caratterizzati da elevata stabilità atmosferica, spesso con inversione termica in quota e scarsa ventilazione: in queste condizioni gli inquinanti non riescono a disperdersi in atmosfera.



La settimana tipica mostra un lievissimo accumulo dal lunedì al sabato.



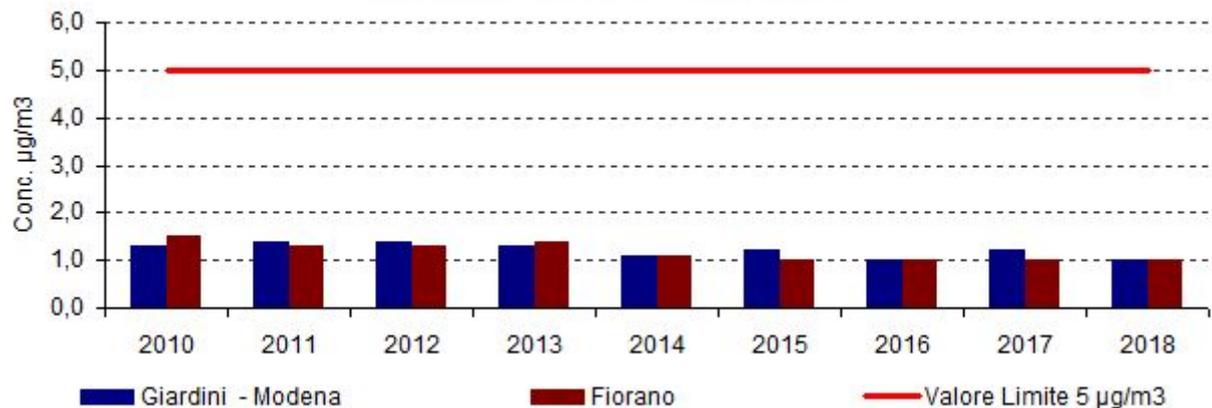
Il giorno tipico evidenzia generalmente un doppio picco (il primo alle ore 8-9 e il secondo alle 19-20) in corrispondenza del maggior traffico, più evidente alla sera. La stazione di Fiorano presenta dati leggermente più alti di Giardini a Modena nelle ore centrali, in quanto ha un traffico di tipo industriale che non diminuisce in questo periodo della giornata.

Le medie annuali misurate presso le stazioni da traffico di Giardini a Modena (30000 veicoli/gg) e San Francesco (26000 veicoli/gg) a Fiorano sono lontane dal Valore Limite indicato dalla normativa di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Benzene: trend delle medie annuali dal 2010 al 2018

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018
	Modena	Giardini		1,3	1,4	1,4	1,3	1,1	1,2	1,0	1,2	1,0
	Fiorano	San Francesco		1,5	1,3	1,3	1,4	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
Tipo di Zona		Tipo di stazione		 \leq Valore Limite  $>$ Valore Limite DLgs 155/2010: Valore Limite annuale = $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$								
	Urbana		Traffico									

Benzene: trend delle medie annuali



I dati di benzene degli ultimi anni confermano che questo inquinante ha raggiunto livelli molto bassi, fino a un quinto del limite nel 2018.

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 ³	media settimanale	WHO - Air Quality Guide lines - Anno 2000
Xileni	4800 µg/m ³	media 24 ore	WHO – International Programme of Chemical Safety - Anno 1997
Etil Benzene	*RfC: 1000 µg/m ³	media 24 ore	EPA – Integrated Risk Information System - Anno 1991

*RfC= Reference Concentration for Chronic Inalation Exposure

Toluene

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni (µg/m ³)						Media annuale (µg/m ³)
					min	max	50°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		96	0,1	35,9	2,1	5,9	8,2	12,2	3,0
	Fiorano	San Francesco		96	0,1	31,4	3,7	106	12,7	15,3	5,0
Valore Guida: media settimanale WHO - Air Quality Guide lines (Anno 2000)											260 µg/m ³

I dati di Toluene rilevati a Fiorano, seppur molto contenuti rispetto a quanto indicato dai valori Guida Internazionali (260 µg/m³ media settimanale) sono leggermente più alti rispetto a quanto misurato a Modena.

Etilbenzene

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni (µg/m ³)						Media annuale (µg/m ³)
					min	max	50°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		92	0,1	8,8	0,5	1,5	2,0	3,0	0,7
	Fiorano	San Francesco		71	0,1	11,8	0,5	1,1	1,5	2,2	0,6
Valore Guida: *RfC= Reference Concentration for Chronic Inalation Exposure media giornaliera EPA – Integrated Risk Information System (Anno 1991)											1000 µg/m ³

I dati di Etilbenzene sono estremamente contenuti rispetto a quanto indicato dai valori Guida Internazionali (1000 µg/m³ media giornaliera) e simili nei due siti di monitoraggio.

Xileni

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni (µg/m ³)						Media annuale (µg/m ³)
					min	max	50°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		94	0,1	29,4	1,4	4,2	5,9	9,1	2,1
	Fiorano	San Francesco		80	0,1	27,3	2,3	8,1	10,1	12,1	3,4
Tipo di Zona		Tipo di stazione		Valore Guida: media giornaliera WHO – International Programme of Chemical Safety (Anno 1997)							4800 µg/m ³
	Urbana		Traffico								

I dati di Xileni rilevati a Fiorano, seppur molto contenuti rispetto a quanto indicato dai valori Guida Internazionali (4800 µg/m³ 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

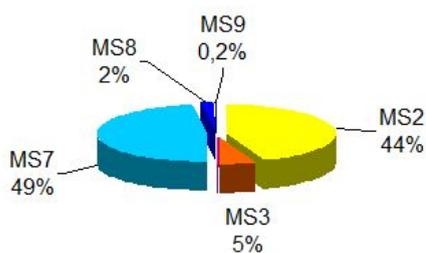
La principale sorgente di CO è storicamente rappresentata dal traffico veicolare (circa l'80% delle emissioni a livello mondiale), essendo presente, in particolare, nei gas di scarico dei veicoli a benzina.

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.

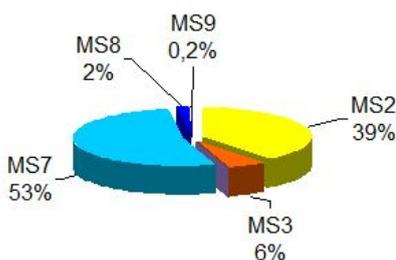
Le Emissioni a Modena

Macrosettori		Provincia di Modena (t/anno)	Pianura Ovest (t/anno)	Zona B (t/anno)
MS1	Produzione Energia e trasformazione di combustibili	0	0	0
MS2	Combustione non industriale	7868	5693	2174
MS3	Combustione industriale	974	796	178
MS4	Processi Industriali	5	5	0
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0
MS6	Uso di solventi	0	0	0
MS7	Trasporto su strada	8513	7659	854
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	339	274	65
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti	34	33	1
MS10	Agricoltura	0	0	0
totale		17733	14460	3273
		%	82%	18%

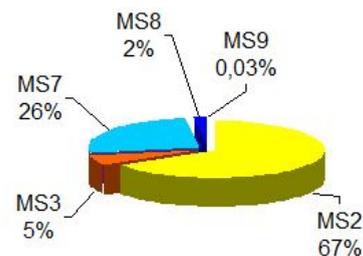
Provincia di Modena



Pianura Ovest



Zona B



Il contributo della zona di pianura sulle emissioni totali di ossidi di azoto (NOx) è del 82% mentre la zona B (appennino) contribuisce solo per il 18%.

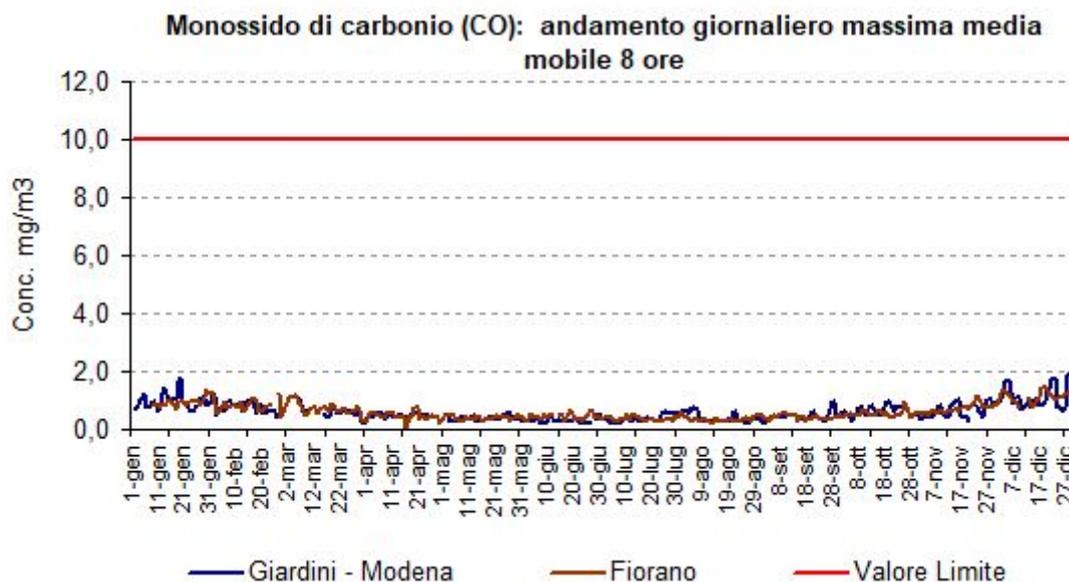
Se analizziamo le emissioni dei vari macrosettori, possiamo desumere che la fonte principale di NOx è trasporto su strada MS7 (Provincia di Modena 49%, Pianura Ovest 53% e Zona B 26%), seguito dalla combustione non industriale MS2 (Provincia di Modena 44%, Pianura Ovest 39% e Zona B 67%), e infine dalla combustione industriale MS3 (Provincia di Modena 5%, Pianura Ovest 6% e Zona B 5%).

Monossido di carbonio CO: concentrazioni e confronto con il Valore Limite - anno 2018

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni (mg/m ³)							Massima media mobile 8 ore (mg/m ³)
					min	media	max	50°	90°	95°	98°	
	Modena	Giardini		100	< 0,6	< 0,6	3,0	< 0,6	0,7	0,9	1,2	2,0
	Fiorano	San Francesco		100	< 0,6	< 0,6	1,9	< 0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
Tipo di Zona		Tipo di stazione		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite </div> <p style="color: red; font-weight: bold;">DLgs 155/2010: Valore Limite: massima media mobile 8 ore = 10 mg/m³</p>								
Urbana	Traffico											

Le concentrazioni di monossido di carbonio hanno raggiunto livelli molto bassi e spesso inferiori al limite di rilevabilità strumentale, infatti il 50° percentile risulta in entrambe le stazioni <0,6 mg/m³.

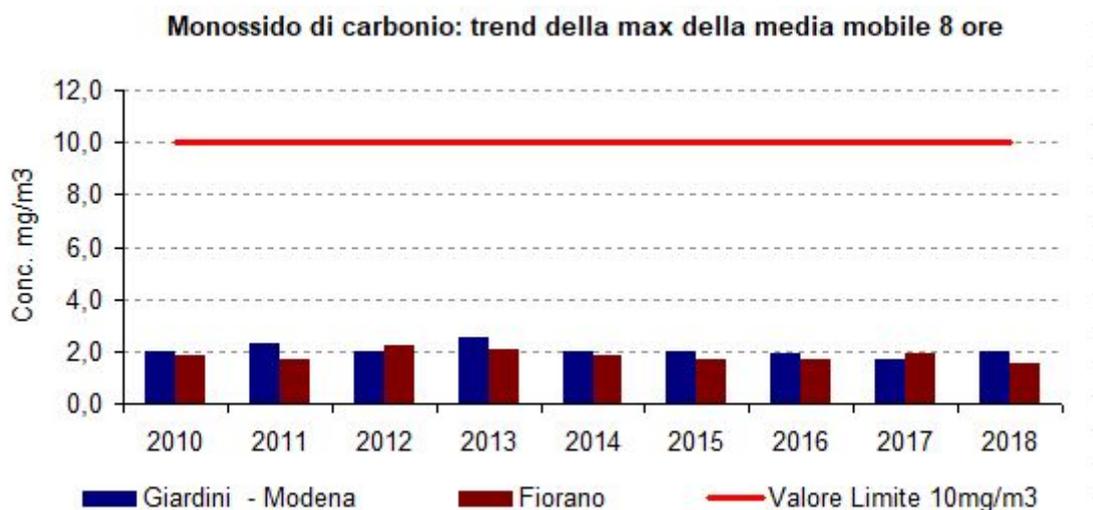
I mesi in cui si registrano i dati più alti di monossido di carbonio, sono quelli invernali, caratterizzati da elevata stabilità atmosferica, spesso con inversione termica in quota e scarsa ventilazione: in queste condizioni gli inquinanti non riescono a disperdersi in atmosfera.



Il massimo della media mobile misurato nelle stazioni da traffico risulta ampiamente inferiore al limite di 10 mg/m³, con valori rispettivamente di 2,0 mg/m³ a Giardini e di 1,5 mg/m³ misurato a Fiorano.

Monossido di carbonio CO: trend delle massime medie mobili 8 ore dal 2010 al 2018

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni (mg/m ³)								
				Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018
	Modena	Giardini		2	2,3	2	2,5	2,0	2,0	1,9	1,7	2,0
	Fiorano	San Francesco		1,8	1,7	2,2	2,1	1,8	1,7	1,7	1,9	1,5
Tipo di Zona		Tipo di stazione		 ≤ Valore Limite  > Valore Limite DLgs 155/2010: Valore Limite: massima media mobile 8 ore = 10 mg/m³								
	Urbana		Traffico									



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 (NO₂), l'ozono (O₃), il biossido di zolfo (SO₂), il particolato (PTS, PM₁₀ o PM_{2,5} 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'NO₂ e l'O₃, in quanto sono quelli che nella nostra regione presentano le maggiori criticità, Sono stati invece esclusi il CO e l'SO₂ le cui concentrazioni, negli ultimi decenni, hanno subito una drastica diminuzione, tanto da essere ormai stabilmente e ampiamente sotto i limiti di legge.

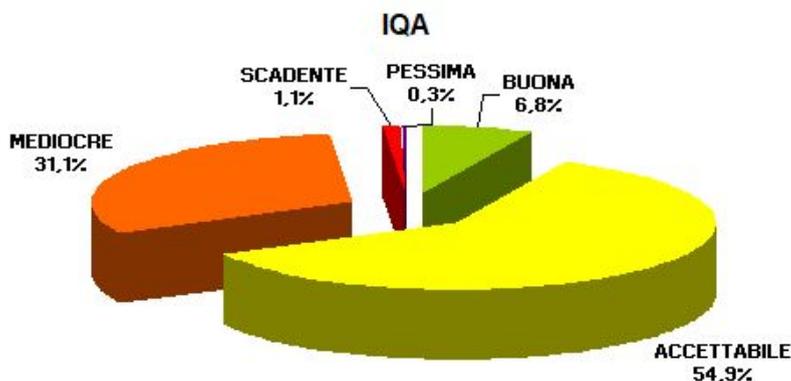
Per ogni inquinante viene calcolato un sottoindice, ottenuto dividendo la concentrazione misurata per il relativo limite previsto dalla legislazione per la protezione della salute umana (nel caso di più limiti si è scelto il più basso) e moltiplicando il valore ottenuto per 100, La tabella che segue riporta i limiti che sono stati utilizzati per il calcolo dei tre sottoindici.

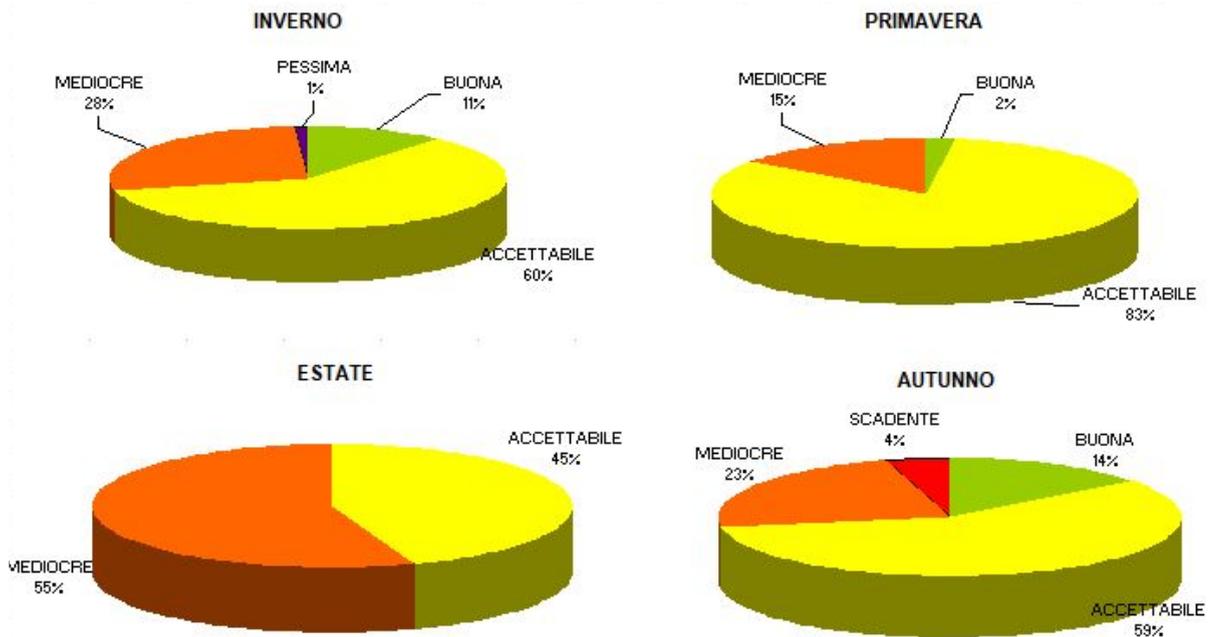
L'IQA qui rappresentato è stato calcolato mediando i dati delle stazioni collocate nel Comune di Modena.

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

IQA: distribuzione dei valori giornalieri nell'anno 2018

Classe di qualità	Scala cromatica	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	IQA
BUONA	<50	1	5	1	0	2	0	0	0	0	4	8	4	25
ACCETTABILE	50-99	14	19	29	27	24	20	6	13	21	17	18	13	221
MEDIOCRE	100-149	15	4	1	3	5	10	25	18	9	10	4	10	114
SCADENTE	150-199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
PESSIMA	>200	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1





L' IQA si attesta sulla classe di qualità:

- **“Buona”, per un totale di 25 giornate corrispondenti al 6,8% dell’anno.**

I mesi che hanno presentato il maggior numero di giornate con qualità “Buona”, sono stati novembre con 8 giorni, seguono febbraio con 5 e ottobre e dicembre con 4.

- **“Accettabile”, per un totale di 221 giornate corrispondenti al 54,9% dell’anno.**

I mesi che hanno presentato il maggior numero di giornate con qualità “Accettabile” sono stati marzo con 29 gg, aprile con 27 gg e maggio con 24.

- **“Mediocre”, per un totale di 114 giornate corrispondenti al 31,1 % dell’anno.**

Il mese con il numero maggiore di giornate di qualità “Mediocre” è stato luglio con 25 gg, agosto con 18 gg e gennaio con 15. Nei mesi invernali ciò che rende la qualità dell’aria “Mediocre” sono gli alti valori di polveri PM_{10} 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 $120 \mu g/m^3$.

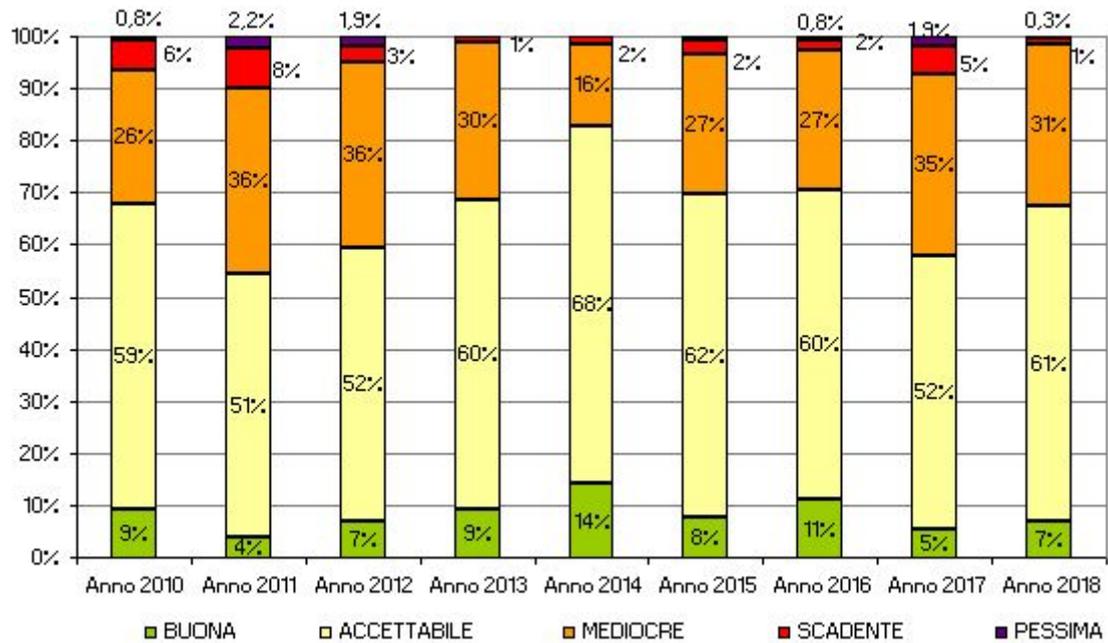
- **“Scadente”, per un totale di 4 giornate corrispondenti al 1,1 % dell’anno.**

Il mese con alcune giornate con una qualità dell’aria “Scadente” è stato dicembre con 4 gg. In queste giornate i livelli di polveri PM_{10} hanno raggiunto valori medi giornalieri tra 63 e $91 \mu g/m^3$,

- **“Pessima” si sono verificate 1 giornate con qualità dell’aria “Pessima” corrispondente al 0,3% dell’anno.** L’aria è risultata “Pessima” 1 giornata: il 26 gennaio dove il valore delle polveri ha raggiunto $119 \mu g/m^3$ misurato a Modena presso la stazione da traffico di Giardini.

IQA: distribuzione percentuale nel periodo 2010 - 2018

L'indice di qualità dell'aria nel 2018 è stato meglio di quello del 2017 e simile a quello degli anni 2015 e 2016.



La situazione in sintesi

Polveri PM₁₀

Valore Limite giornaliero: 50 µg/m³ numero di superamenti media giornaliero max 35 volte/anno

Valore Limite annuale: 40 µg/m³



PM₁₀ VALORE LIMITE ANNUALE : RISPETTATO IN TUTTE LE STAZIONI

Il valore limite sulla concentrazione media annuale di PM₁₀ (40 µg/m³) è stato rispettato in tutte le stazioni di misura, anche nel 2018.

Dall'anno 2010 le medie annuali risultano inferiori al valore limite di 40 µg/m³ 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 2018, mostra complessivamente una diminuzione delle concentrazioni mediamente del 16%, particolarmente marcata soprattutto nel 2013, 2014, 2016 e 2018.



PM₁₀ VALORE LIMITE GIORNALIERO: RISPETTATO IN 4 STAZIONI SU 6

Il 2018 registra il superamento del limite giornaliero del PM₁₀ in 2 stazioni su 6; situazione migliore rispetto a quella registrata nel 2017; il superamento dei 35 giorni è stato raggiunto solo in autunno.

Il trend del numero di superamenti è complessivamente in forte calo dal 2009 fino al 2018, mediamente del 47%; 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_{2,5}

Valore Limite annuale: 25 µg/m³



PM_{2,5} VALORE LIMITE ANNUALE : RISPETTATO IN TUTTE LE STAZIONI

Il valore limite per la concentrazione media annuale di PM_{2,5} (25 µg/m³) è stato rispettato in tutte le stazioni di misura, anche nel 2018.

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 2018, mostra complessivamente una diminuzione delle concentrazioni mediamente del 19%, particolarmente marcata soprattutto nel 2013, 2014, 2016 e 2018.

Metalli

Arsenico: Valore Obiettivo (media annua): 6,0 ng/m³

Cadmio: Valore Obiettivo (media annua): 5,0 ng/m³

Nichel: Valore Obiettivo (media annua): 20,0 ng/m³

Piombo: Valore Limite (media annua): 500 ng/m³



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 PM₁₀; 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.

Nel periodo dal 2010 al 2018, si può osservare un leggero calo per il Piombo e Cadmio e una stabilità per Arsenico e Nichel.

Benzo (a) pirene:

Valore Obiettivo media annua: **1,0 ng/m³**



Benzo(a) pirene Valore Obiettivo: RISPETTATO

Come indicato dal D.Lgs. 155/10 il benzo(a) pirene è stato ricercato sul particolato PM₁₀; la stazione scelta è quella di Parco Ferrari (tipologia fondo urbano) a Modena.

La concentrazione media annuale rilevata è ampiamente al di sotto dei valori di riferimento normativi (1,0 ng/m³). Nel periodo dal 2010 al 2018 i dati risultano stabili.

Ozono O₃

Protezione della salute umana

Soglia di Informazione: 180 µg/m³ (media oraria)

Soglia di Allarme: 240 µg/m³ (media oraria da non superare per più di 3 ore consecutive)

Valore Obiettivo: 120 µg/m³ (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/m³*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/m³ e 80 µg/m³ 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/m³) è stata superata nel 2018 in diverse stazioni che misurano l'ozono, ma il numero di massimi orari è stato tra i più contenuti degli ultimi 10 anni.



OZONO, CRITICO IL NUMERO DI SUPERAMENTI DELL'OBIETTIVO 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/m³) dell'ozono nel 2018 continua a essere critico, essendo stato superato in gran parte delle stazioni che hanno rilevato un numero di dati sufficiente per il calcolo dell'indicatore.

Biossido di azoto NO₂

Valore Limite orario: 200 µg/m³ numero di superamenti max 18 volte/anno

Valore Limite annuale: 40 µg/m³

Soglia di Allarme: 400 µg/m³ (media oraria misurata per 3 ore consecutive)



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

Nel 2018, le concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) hanno superato il valore limite solo nella stazione da traffico di Fiorano.

Il trend dei dati dal 2010 al 2018 indica un calo progressivo dei valori, di circa il 23%, 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 µg/m³ (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 O₃.

Benzene

Valore Limite annuale: 5 µg/m³



BENZENE INFERIORE AL LIMITE

I dati di benzene degli ultimi anni confermano che questo inquinante ha raggiunto livelli molto bassi fino a un quinto del limite nel 2018, quindi non rappresenta una criticità.

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 ovunque nella provincia.

Monossido di carbonio CO

Valore Limite: 10 mg/m³ (massima media mobile di 8 ore giornaliera)



MONOSSIDO DI CARBONIO INFERIORE AL LIMITE

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
PM ₁₀	Media giornaliera	50 µg/m ³
O ₃	Valore massimo della media mobile su 8 ore	120 µg/m ³
NO ₂	Valore massimo orario	200 µg/m ³

Nel 2018, l'aria è risultata "Buona" o "Accettabile" in 246 giornate, corrispondenti a circa il 67% dell'anno. Per il restante periodo, 119 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 PM₁₀, inquinante critico invernale.

Nei mesi di maggio, giugno, luglio, agosto e settembre, il valore dell'indice sintetico è determinato dai livelli di O₃, inquinante critico estivo.

La stagione con la migliore qualità dell'aria è stata la primavera, quando 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. Durante questo periodo la maggior parte delle giornate (l'85%) risulta di qualità "Buona" o "Accettabile", solo in 14 giornate è risultata "Mediocre".