

***RETE REGIONALE DI
MONITORAGGIO E
VALUTAZIONE DELLA
QUALITÀ DELL'ARIA
PROVINCIA DI BOLOGNA***

REPORT DEI DATI 2018

Indice generale

INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	3
LA ZONIZZAZIONE DELLA PROVINCIA DI BOLOGNA.....	4
LA RETE DI MONITORAGGIO E VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	5
CONDIZIONE METEOROLOGICA DEL TERRITORIO METROPOLITANO.....	6
Temperatura.....	6
Precipitazioni.....	7
Direzione e velocità del vento.....	8
Altezza di rimescolamento.....	10
Stabilità atmosferica.....	11
LA QUALITÀ DELL'ARIA NEL 2018.....	14
BIOSSIDO DI AZOTO E OSSIDI DI AZOTO.....	16
OZONO.....	21
PARTICOLATO PM10.....	26
PARTICOLATO PM2.5.....	30
MONOSSIDO DI CARBONIO.....	33
BENZENE.....	36
ANALISI SUL PARTICOLATO.....	39
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	39
ARSENICO, CADMIO, NICHEL, PIOMBO.....	42
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	44

INQUADRAMENTO NORMATIVO

La norma quadro in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria è rappresentata dal D.Lgs n. 155/2010, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" e ss.mm.ii., che ha abrogato il Decreto Legislativo n. 351/99 e i rispettivi decreti attuativi (il DM 60/02, il Decreto Legislativo n.183/2004 e il DM 261/2002).

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 indica gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente e definisce i metodi e i criteri comuni per la caratterizzazione delle zone.

Il Decreto contiene inoltre le definizioni di:

- **valore limite**, livello fissato dalla normativa in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana o per l'ambiente nel suo complesso; tale livello deve essere raggiunto entro un dato termine e successivamente non superato (articolo 2, comma 1, lettera h);
- **valore obiettivo**, livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita (articolo 2, comma 1, lettera m);
- **soglia di informazione**, livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive (articolo 2, comma 1, lettera o);
- **soglia di allarme**, livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati (articolo 2, comma 1, lettera n);
- **livello critico**, livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, oltre il quale possono sussistere effetti negativi diretti su recettori quali gli alberi, le altre piante o gli ecosistemi naturali, esclusi gli esseri umani (articolo 2, comma 1, lettera i);
- **obiettivi a lungo termine**, livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente (articolo 2, comma 1, lettera p),

ed individua l'elenco degli inquinanti per i quali è obbligatorio il monitoraggio:

- ossidi e biossido di azoto, NO₂ e NO_x
- biossido di zolfo, SO₂
- monossido di carbonio, CO
- ozono, O₃
- particolato con diametro aerodinamico ≤ 10 µm, PM₁₀
- particolato con diametro aerodinamico ≤ 2.5 µm, PM_{2.5}
- benzene
- benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e dibenzo(a,h)antracene
- piombo, arsenico, cadmio, nichel, mercurio
- precursori dell'ozono.

stabilendo le modalità di trasmissione e i contenuti delle informazioni sullo stato della qualità dell'aria da inviare al Ministero dell'Ambiente.

LA ZONIZZAZIONE DELLA PROVINCIA DI BOLOGNA

L'articolo 3 del D.Lgs n° 155 del 13 agosto 2010 e ss.mm.ii., impone la suddivisione dell'intero territorio nazionale in zone e agglomerati da classificare ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente.

La zonizzazione ed il suo riesame in caso di variazioni, sono affidati alle regioni.

La Regione Emilia Romagna con la DGR del 27/12/2011 n. 2001 e successiva DGR del 23/12/2013 n.1998 ripartisce e codifica il territorio regionale nella seguente maniera: un Agglomerato comprendente Bologna e comuni limitrofi, la zona Appennino, la zona Pianura Ovest e la zona Pianura Est come rappresentato nella Figura 1.

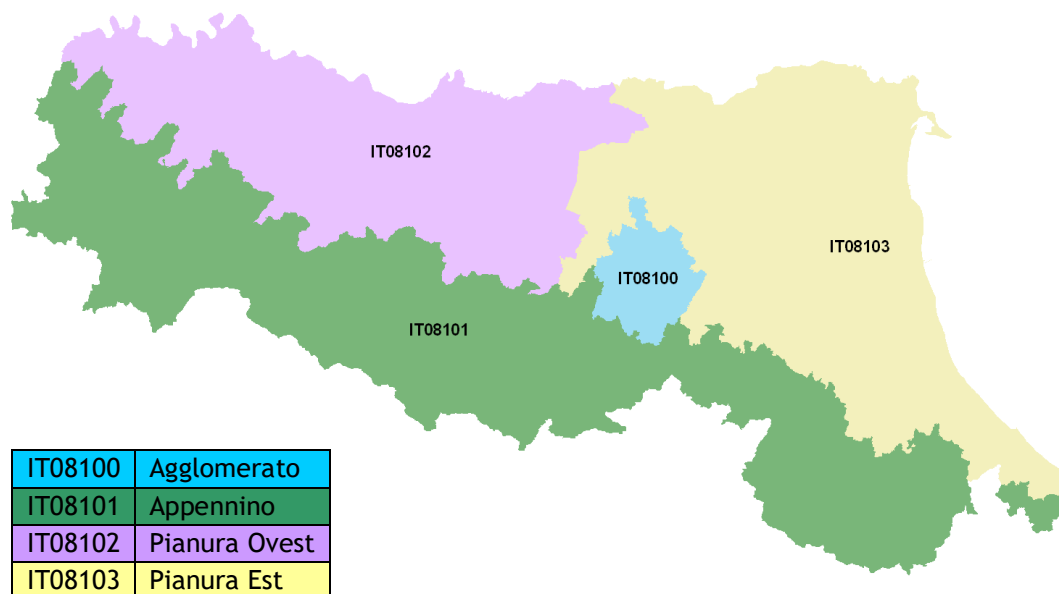


Figura 1 - Zonizzazione regionale DGR 27/12/2011

Il territorio della Città Metropolitana di Bologna comprende interamente l'“Agglomerato”, parte della zona “Appennino” e parte della zona “Pianura Est”. In Tabella 1 sono indicati i comuni che ricadono nelle zone individuate.

Agglomerato	Argelato, Calderara di Reno, Castel Maggiore, Granarolo dell'Emilia, Bologna, Castenaso, Zola Predosa, Ozzano dell'Emilia, San Lazzaro di Savena, Casalecchio di Reno, Sasso Marconi, Pianoro
Pianura Est	Crevalcore, Pieve di Cento, Galliera, San Giovanni in Persiceto, San Pietro in Casale, Malalbergo, Baricella, Castello d'Argile, San Giorgio di Piano, Sant'Agata Bolognese, Bentivoglio, Sala Bolognese, Molinella, Minerbio, Budrio, Anzola dell'Emilia, Medicina, Imola, Crespellano, Bazzano, Monteveglio, Castel Guelfo di Bologna, Castel San Pietro Terme, Mordano, Dozza
Appennino	Monte San Pietro, Castello di Serravalle, Savigno, Marzabotto, Montereenzio, Casalfiumanese, Monzuno, Vergato, Loiano, Castel d'Aiano, Grizzana Morandi, Borgo Tossignano, Fontanelice, Gaggio Montano, Monghidoro, Castel del Rio, San Benedetto Val di Sambro, Castiglione dei Pepoli, Lizzano in Belvedere, Camugnano, Castel di Casio, Porretta Terme, Granaglione

Tabella 1 - Zonizzazione per la Città Metropolitana di Bologna DGR 27/12/2011

LA RETE DI MONITORAGGIO E VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La rete di monitoraggio della Città Metropolitana di Bologna risulta attualmente costituita da 7 stazioni di misurazione (Tabella 2), distribuite su 5 comuni, così come riportato nella Figura 2, nella quale è anche indicata la zonizzazione territoriale ai fini della qualità dell'aria.

	STAZIONE	TIPO	NO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	BTX
Agglomerato	Bologna - Porta San Felice	Traffico urbano	✓	✓	✓	✓		✓
	San Lazzaro - Poggi	Traffico urbano	✓		✓			
	Bologna - Giardini Margherita	Fondo urbano	✓		✓	✓	✓	
	Bologna - Chiarini	Fondo suburbano	✓		✓		✓	
Pianura Est	Imola - De Amicis	Traffico urbano	✓	✓	✓			✓
	Molinella - San Pietro Capofiume	Fondo rurale	✓		✓	✓	✓	
Appennino	Porretta Terme - Castelluccio	Fondo remoto	✓		✓	✓	✓	

Tabella 2 - Stazioni e parametri della rete di monitoraggio

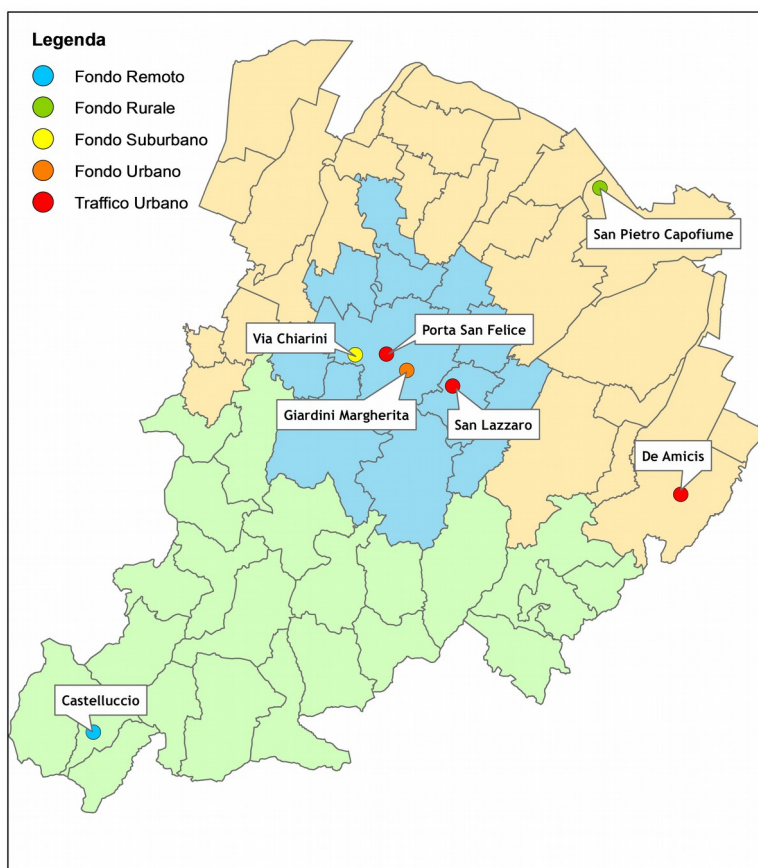


Figura 2 - Disposizione delle stazioni di misura di qualità dell'aria

CONDIZIONE METEOROLOGICA DEL TERRITORIO METROPOLITANO

La qualità dell'aria è il risultato di una complessa compartecipazione di vari fattori: le emissioni dirette di inquinanti primari da sorgenti antropiche o naturali, i processi dinamici che hanno luogo nei bassi strati dell'atmosfera (e che sono alla base dei meccanismi di accumulo, dispersione, rimozione ecc.) e le trasformazioni chimico-fisiche che possono portare alla formazione di nuove specie (inquinanti secondari). Le condizioni meteorologiche influiscono sulle concentrazioni misurate localmente, essendo determinanti dal punto di vista dell'efficacia dei meccanismi di trasporto orizzontale, rimescolamento verticale, rimozione per deposizione e trasformazione degli inquinanti in atmosfera.

Ad integrazione della presentazione dei dati rilevati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria, si riportano pertanto le statistiche mensili o stagionali dei principali indicatori meteorologici:

- temperatura,
- precipitazioni,
- direzione e velocità del vento,
- altezza di rimescolamento,
- stabilità atmosferica,

relativamente al periodo di osservazione (anno 2018) e alla stazione di Bologna Urbana, rappresentativa della principale area urbana della Città Metropolitana.

Per alcuni parametri è stato effettuato il confronto con il 2017 e con il clima di riferimento relativo al trentennio 1961-1990 per la stazione di Bologna - Borgo Panigale¹.

I dati dei parametri altezza di rimescolamento e stabilità per l'area urbana di Bologna derivano dalle analisi LAMA, prodotte grazie alle simulazioni operative del modello meteorologico COSMO il quale utilizza sia valori osservati sia una serie di informazioni sulle caratteristiche del territorio (orografia, uso del suolo, ecc).

Nelle sezioni dedicate ai parametri di qualità dell'aria vengono fornite indicazioni circa l'influenza della meteorologia sulla possibile occorrenza di eventi critici, con particolare riguardo ai giorni favorevoli all'accumulo di particolato ed alla formazione di ozono.

Temperatura

In Figura 3 sono analizzati gli andamenti delle temperature minima, media e massima mensili (°C) per l'anno in esame; sono riportati inoltre i valori normali climatici delle temperature medie e gli scostamenti rispetto al 2017.

Nell'anno 2018 le temperature medie orarie registrate variano da un minimo di -7.7°C nel mese di febbraio ad un massimo di 35.7°C nei mesi di luglio e agosto.

Le temperature sono scese al di sotto degli 0°C nel primo trimestre e a dicembre. Si osservano differenze negative rispetto al 2017 in tutti i valori statistici di gennaio, marzo, giugno e agosto, mentre i mesi di gennaio e aprile risultano tutti più caldi rispetto all'anno precedente.

Rispetto al riferimento climatico, le temperature orarie mensili sono risultate in generale più rigide nelle minime (con l'eccezione di gennaio e aprile) e più calde nelle medie (tranne che a febbraio e marzo) e nelle massime, queste ultime decisamente più elevate (da 4,6°C a febbraio fino a 11,5°C di gennaio) rispetto al riferimento.

¹ stazione facente parte della rete sinottica del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare; fonte dati: "Valori climatici normali di temperatura e precipitazione in Italia", Rapporto ISPRA 55/2014.

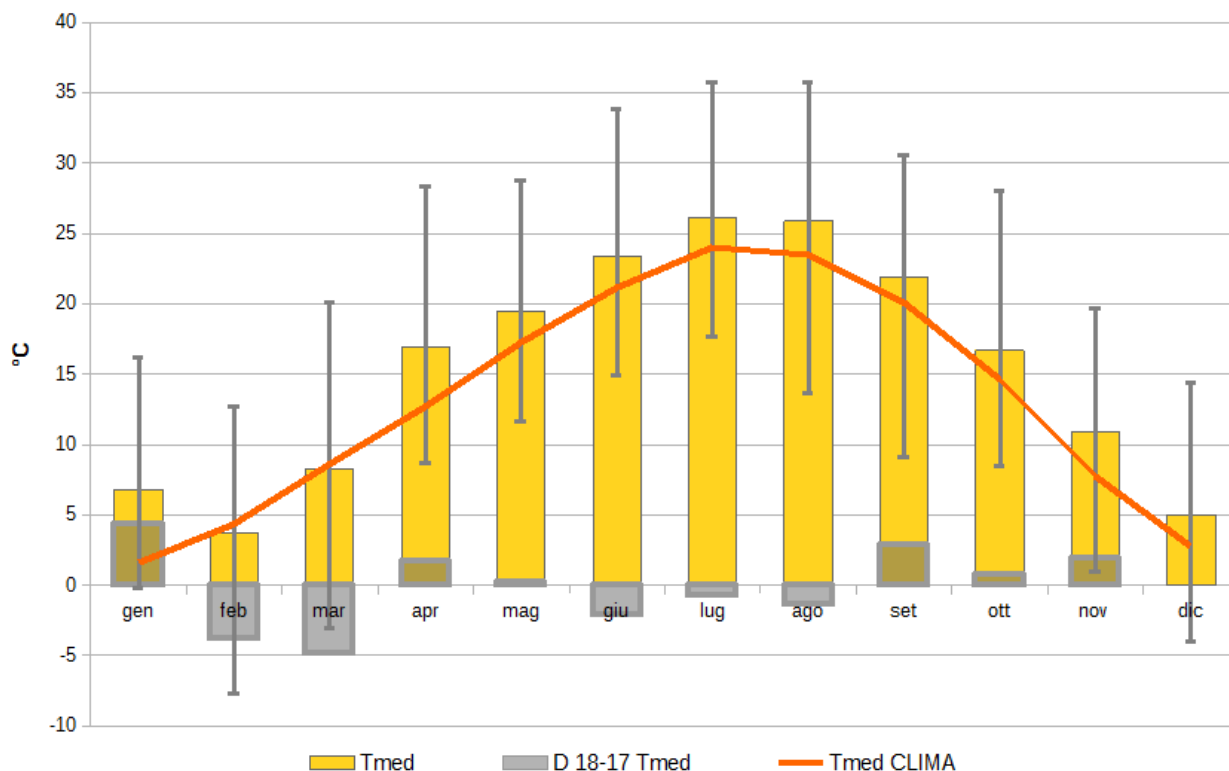


Figura 3 - Bologna: temperature mensili (°C)

Precipitazioni

La precipitazione può risultare un fattore influente nell'efficacia dei meccanismi di rimozione degli inquinanti, in base alla quantità di pioggia ma anche grazie al significativo rimescolamento delle masse d'aria associato al passaggio delle perturbazioni.

Per quanto riguarda la quantità di precipitazioni, in Figura 4 sono rappresentate le cumulate mensili (mm) dell'anno in esame, i valori normali climatici di queste e gli scostamenti rispetto al 2017.

Si riscontra una variazione di circa il 20% nei millimetri totali di pioggia registrati: circa 575 mm nel 2017 e 748 mm nel 2018.

Nel 2018 il mese con le maggiori precipitazioni è stato febbraio (oltre 192 mm, circa un quarto del quantitativo annuale), seguito da marzo (circa 103 mm) giugno (circa 96 mm) e novembre (circa 84 mm). Le precipitazioni totali annuali risultano in linea col riferimento climatico (ppt CLIMA).

Dal punto di vista della rimozione degli inquinanti tramite meccanismi di deposizione umida viene fissata come soglia di significatività una precipitazione cumulata giornaliera di 0,3 mm. Tale scelta è da ricondurre alla definizione di "giorno critico per l'accumulo di PM₁₀" elaborata da Arpa-SIMC. Per ulteriori considerazioni si rimanda alla sezione relativa al parametro PM₁₀.

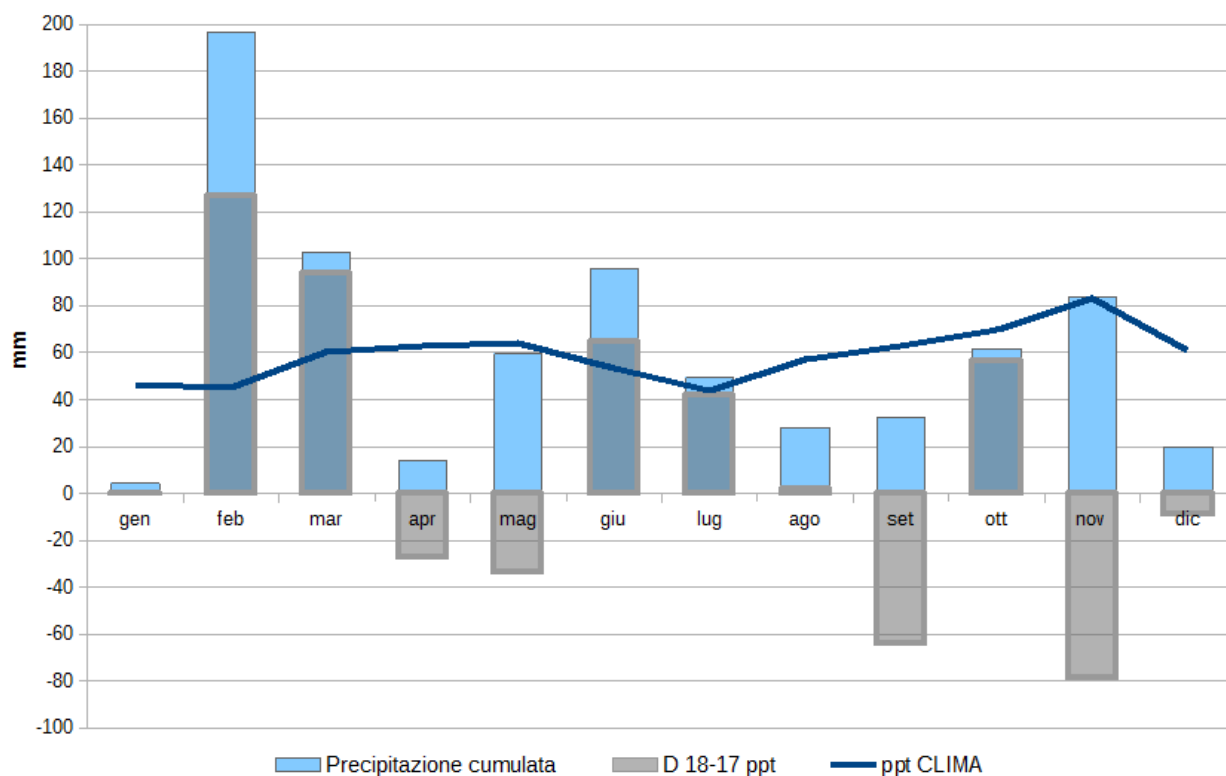


Figura 4 - Bologna: precipitazione cumulata mensile (mm)

Direzione e velocità del vento

Il vento costituisce un fattore determinante nella dinamica del trasporto in orizzontale degli inquinanti: la direzione prevalente può fornire indicazioni sulle zone da e verso cui questi tendono ad essere trasportati, mentre la velocità del vento influenza la rapidità di allontanamento dalle sorgenti di emissione e i meccanismi di accumulo.

La rosa dei venti costituisce una rappresentazione della distribuzione in frequenza delle classi di velocità media oraria del vento (m/s) per direzione di provenienza (°N). La Figura 5 si riferisce all'intero anno 2018.

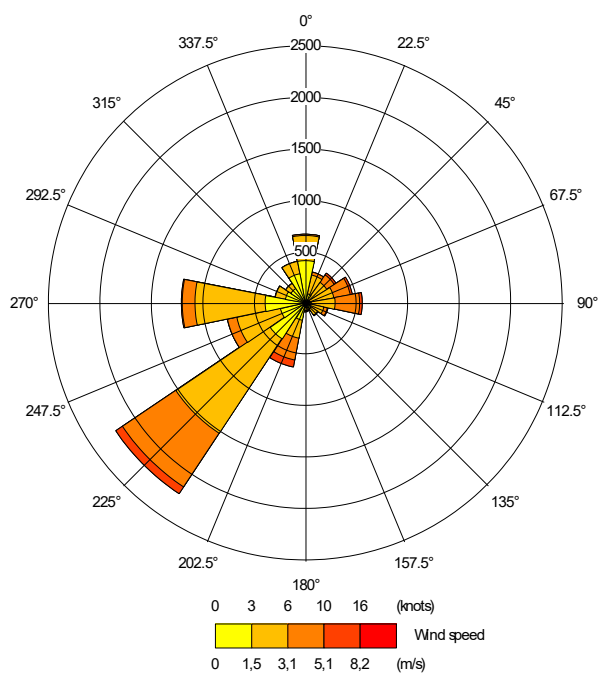


Figura 5 - Bologna: rosa dei venti, anno 2018

Si osserva una netta prevalenza delle classi di intensità relativamente modesta (con valori fino a 3m/s) mentre i venti provengono in gran parte dal quadrante sud-occidentale.

La Figura 6 permette di evidenziare le diverse caratteristiche stagionali dell'anno in esame. Nei mesi invernali (gen-feb-dic) prevalgono le direzioni da Sud-SudOvest a Ovest e le velocità sono più frequentemente comprese entro i 3m/s. Nei mesi estivi (giu-lug-ago) si osserva una distribuzione molto più uniforme sia in direzione dai quadranti sud occidentali sia in frequenza, con una eguale presenza di velocità di classe da 3 a 10 m/s .

In autunno (set-ott-nov) i venti risultano provenire principalmente dai quadranti sudoccidentali con velocità mediamente più basse. In primavera (mar-apr-mag) le direzioni SudOvest ed Ovest costituiscono le componenti dominanti e una maggior presenza di classi di velocità più elevate.

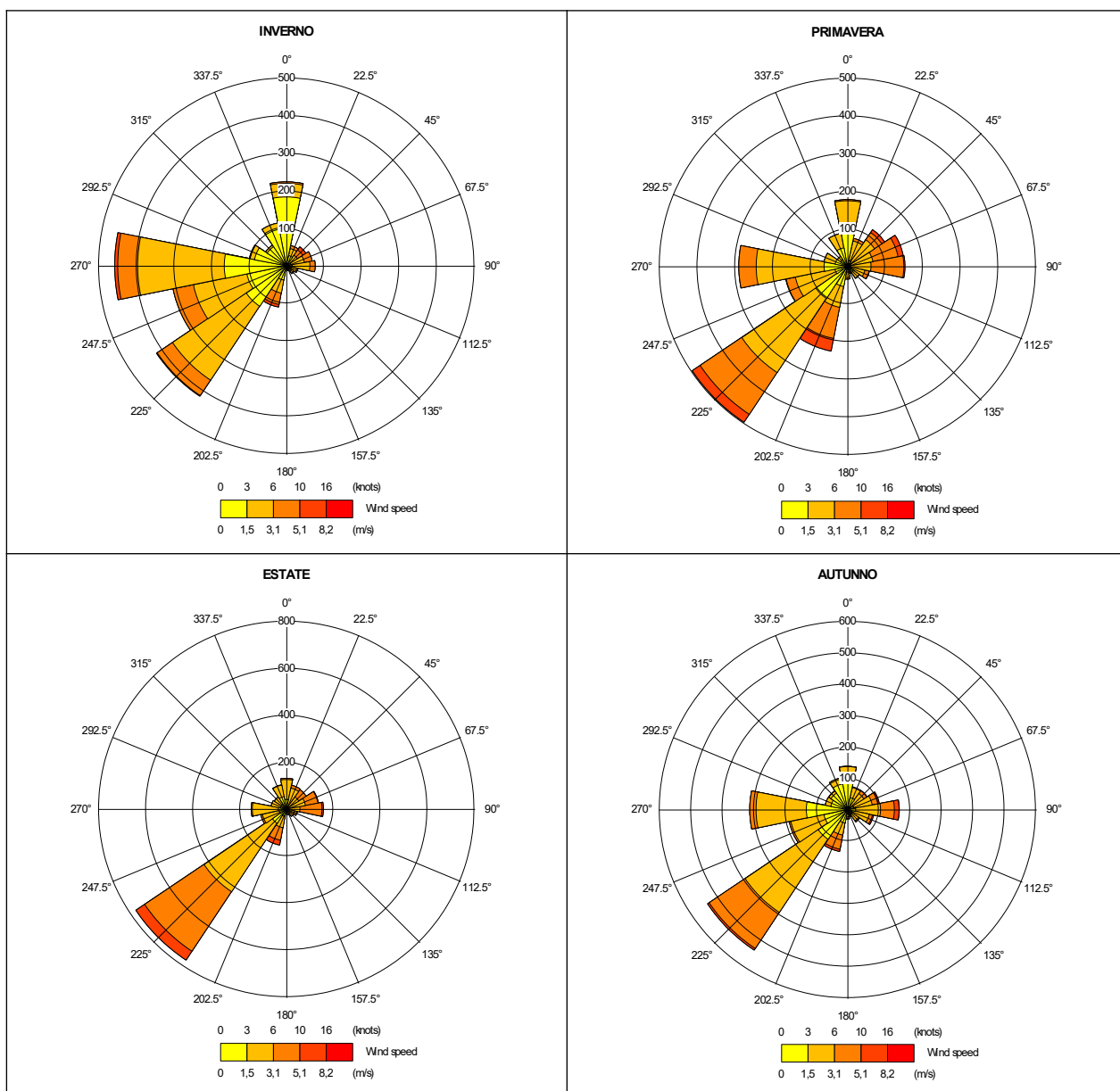


Figura 6 - Bologna: rose dei venti stagionali 2018

La suddivisione dei dati di velocità del vento secondo la scala Beaufort (Tabella 3) evidenzia come valori compresi tra 0.3 e 3.3 m/s rimangano in assoluto i più frequenti, rappresentando quasi sempre dall'80 a oltre il 90% del campione mensile e circa l'84% su base annuale.

Tra le varie classi, prevale da febbraio ottobre il grado 2 "brezza leggera" (1.6-3.3m/s), mentre il grado 1 "bava di vento" (0.3-1.5m/s) prevale a gennaio e negli ultimi 2 mesi del 2018. Le classi associate a velocità superiori risultano maggiormente popolate nel mese di giugno. Il maggior numero di "calme" (<0.2m/s) si è registrato nei mesi di gennaio e dicembre.

Termini descrittivi	Calma	Bava di vento	Brezza leggera	Brezza tesa	Vento moderato	Vento teso	Vento fresco	Vento forte	(omissis)
Grado Beaufort	0	1	2	3	4	5	6	7	...
m/s	0.0 - 0.2	0.3 - 1.5	1.6 - 3.3	3.4 - 5.4	5.5 - 7.9	8.0 - 10.7	10.8 - 13.8	13.9 - 17.1	...
GEN	0,3%	50,9%	40,6%	7,1%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	...
FEB	0,0%	34,2%	52,1%	12,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	...
MAR	0,0%	31,2%	47,6%	17,6%	3,6%	0,0%	0,0%	0,0%	...
APR	0,0%	21,4%	52,8%	21,9%	3,9%	0,0%	0,0%	0,0%	...
MAG	0,0%	23,9%	63,4%	10,9%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	...
GIU	0,0%	15,6%	55,8%	22,8%	5,8%	0,0%	0,0%	0,0%	...
LUG	0,0%	18,0%	61,6%	19,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	...
AGO	0,0%	21,0%	61,2%	16,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	...
SET	0,0%	29,6%	52,9%	14,3%	3,1%	0,1%	0,0%	0,0%	...
OTT	0,1%	34,7%	53,6%	10,1%	1,3%	0,1%	0,0%	0,0%	...
NOV	0,1%	52,6%	43,9%	3,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	...
DIC	0,3%	53,0%	39,1%	7,5%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	...
ANNO	0,1%	32,2%	52,1%	13,6%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	...

frequenza percentuale: 0-5% 5-45% > 45%

Tabella 3 - Distribuzione delle velocità del vento secondo la scala Beaufort, anno 2018

Altezza di rimescolamento

Lo strato di rimescolamento si estende dal suolo alla zona di inversione termica ed è lo strato all'interno del quale i moti turbolenti di origine sia termica (legati al riscaldamento della superficie) che meccanica (legati all'azione del vento) pilotano la dispersione degli inquinanti. In linea generale un maggiore spessore di tale strato indicherà un più efficace rimescolamento in verticale e quindi una minore concentrazione misurata al suolo.

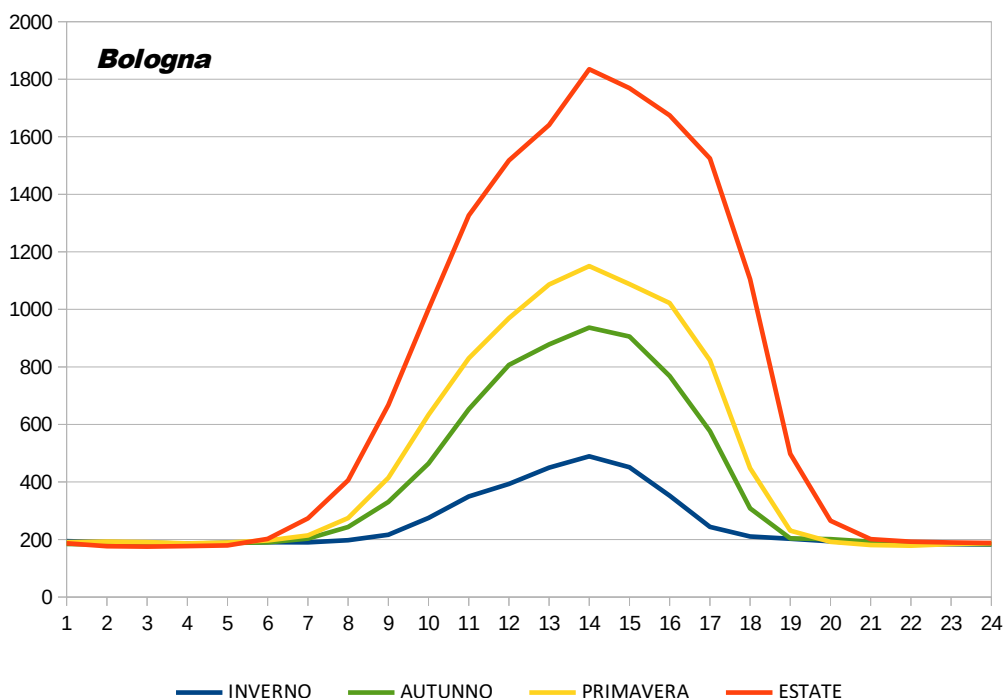


Figura 7 - Bologna: altezza di rimescolamento (m), giorno tipo stagionale 2018

L'altezza dello strato di rimescolamento è soggetta a variazioni giornaliere e stagionali, dipendendo dal ciclo radiativo del suolo e dalle condizioni meteorologiche. In Figura 7 sono riportati gli andamenti medi sulle 24 ore dell'altezza di rimescolamento (m) per le varie stagioni del 2018.

Si osserva un innalzamento a partire dalle prime ore del mattino (più tardi e più gradualmente in inverno, più rapidamente in estate) fino a raggiungere il valore massimo nel pomeriggio, nella fascia oraria dalle 13 alle 15. Segue una diminuzione all'approssimarsi delle ore serali (molto più rapida e più tardi in estate) fino a raggiungere i valori minimi caratteristici delle ore notturne. Nel periodo diurno la variazione

stagionale risulta decisamente più marcata: lo spessore dello strato di rimescolamento arriva al massimo fino a circa 450 m nei mesi invernali e a valori oltre i 1800 m in estate, in concomitanza con la maggiore occorrenza di condizioni instabili. I valori notturni sono confrontabili nelle varie stagioni (attorno a 200m).

Stabilità atmosferica

Le categorie di stabilità atmosferica sono utili ai fini della valutazione delle condizioni presenti nello strato di rimescolamento, ovvero del grado di turbolenza che lo caratterizza e conseguentemente della rapidità della dispersione delle sostanze inquinanti o viceversa della tendenza all'accumulo. Viene solitamente utilizzata una classificazione semplificata di tipo qualitativo, detta Pasquill-Gifford, che prevede 6 condizioni:

- classe A o fortemente instabile
- classe B o moderatamente instabile
- classe C o debolmente instabile
- classe D o neutrale
- classe E o debolmente stabile
- classe F o stabile.

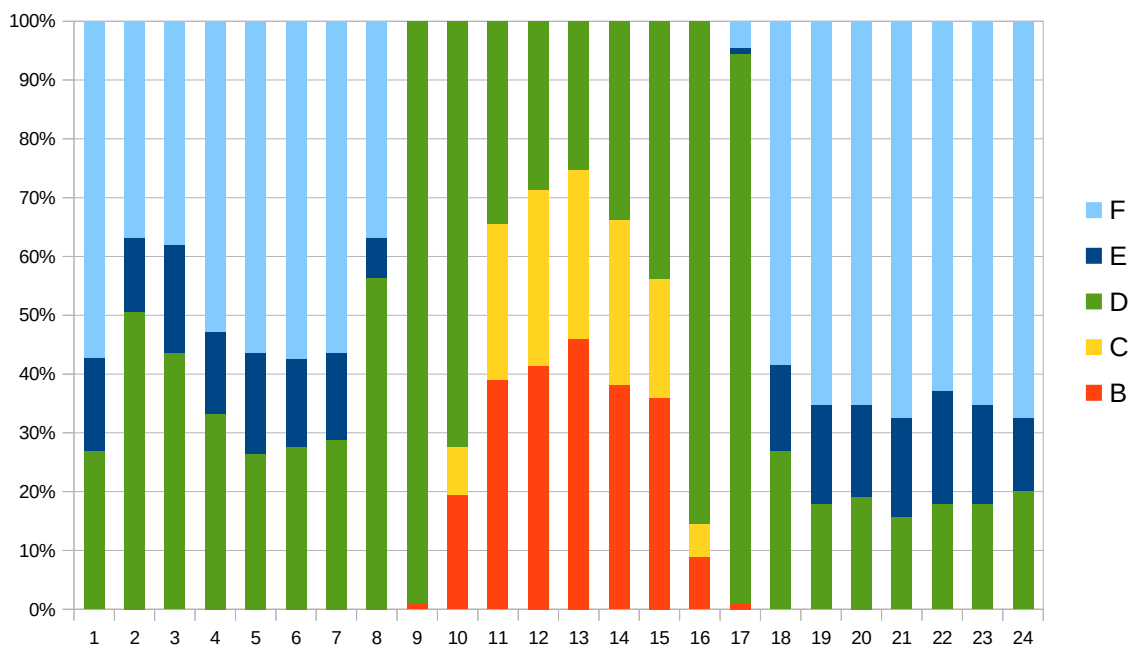
Di seguito sono riportati i grafici relativi ai giorni tipo stagionali della frequenza percentuale con cui ricorrono le varie classi di stabilità per l'anno 2018 (Figura 8 e Figura 9).

Si osserva la presenza di condizioni stabili (classe F) nelle prime ore del giorno e nelle ore serali, con una distribuzione temporale diversa a seconda della stagione: nel periodo autunno-inverno, a causa di temperature più basse che contribuiscono al mantenimento delle condizioni di inversione termica, la classe F persiste per un maggior numero di ore e con percentuali dal 40 al 70%; in estate invece, grazie a temperature più elevate che portano al dissolvimento anticipato delle inversioni termiche notturne, le condizioni stabili, con frequenza oltre il 70%, caratterizzano solo le prime ore del mattino fino alle 5 e si re-instaurano la sera a partire dalle ore 20-21.

Il confronto stagionale permette inoltre di evidenziare la maggior presenza della classe D riferita a condizioni neutrale nelle giornate inverno-autunnali, con percentuali di occorrenza molto variabili e a tutte le ore del giorno.

La classe A, indicativa di condizioni fortemente instabili, è presente quasi esclusivamente nel periodo estivo-primaverile e con frequenza significativamente superiore al 10% nelle ore centrali della giornata, quando risultano maggiormente attivi i meccanismi di turbolenza termica.

Giorno Tipo Invernale



Giorno Tipo Primaveraile

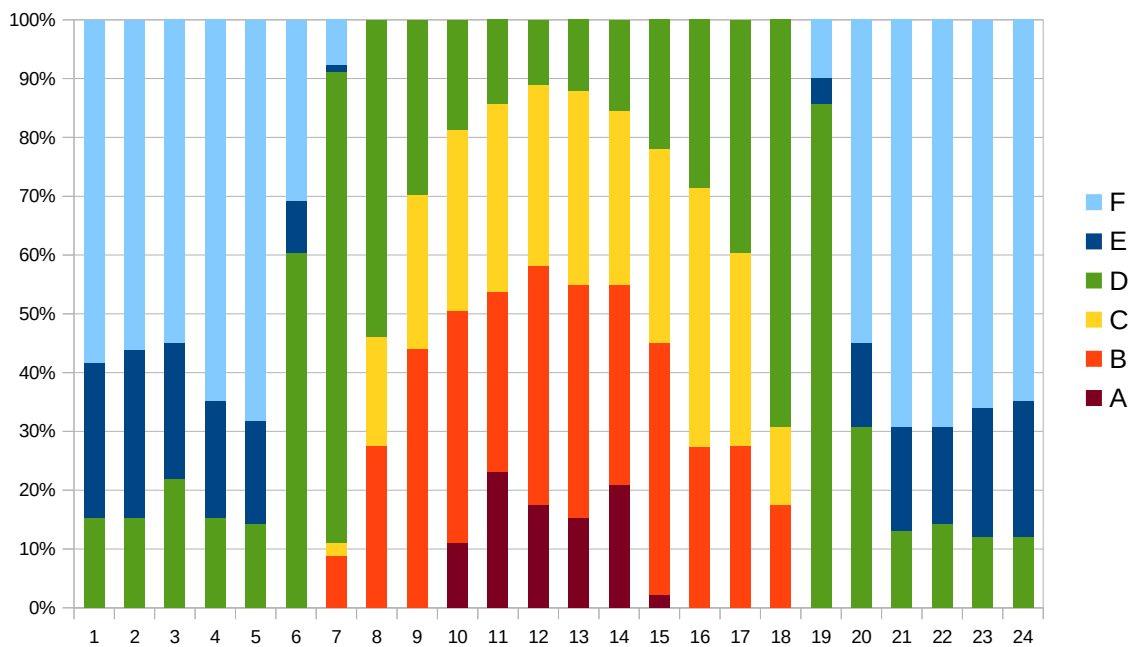
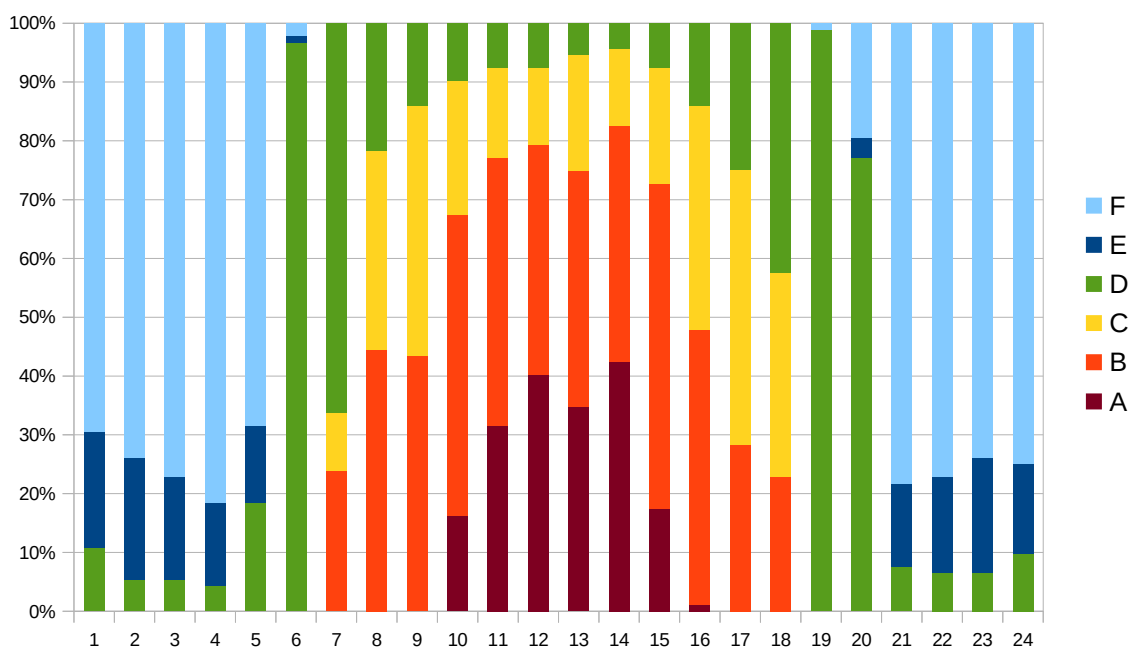


Figura 8 - Bologna: classi di stabilità, giorno tipo stagionale 2018

Giorno Tipo Estivo



Giorno Tipo Autunnale

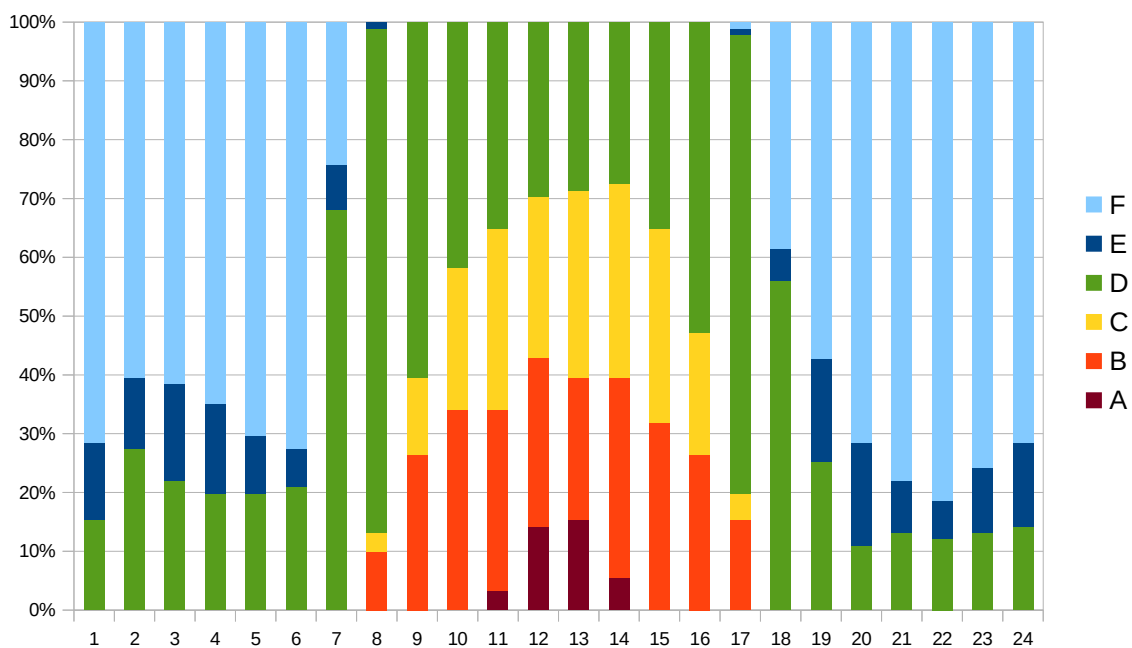


Figura 9 - Bologna: classi di stabilità, giorno tipo stagionale 2018

LA QUALITÀ DELL'ARIA NEL 2018

L'esame dei dati rilevati nell'anno 2018 dalle stazioni della rete di monitoraggio sul territorio provinciale di Bologna, è stato affrontato riferendosi ai valori limite e valori obiettivo definiti dalla normativa nazionale vigente, utilizzando tabelle ed elaborati grafici riferiti sia al periodo di osservazione sia agli andamenti temporali almeno degli ultimi cinque anni.

Per ogni inquinante monitorato sono riportati:

- una tabella introduttiva relativa agli indicatori statistici dell'anno per ciascuna stazione di misura (elaborati sui valori orari per i gas e su valori medi giornalieri per il particolato);
- il relativo box-plot;
- gli andamenti delle medie mensili mediante specifici grafici.

Nella tabella riassuntiva iniziale sono indicati in arancio i superamenti del valore limite annuale e in grigio i casi con una percentuale di dati validi su base annua inferiore al 90% (valore minimo richiesto dalla normativa per la rappresentatività dei dati). La percentuale di dati validi, definita efficienza o rendimento, è riferita al numero di dati attesi sul periodo considerato. Per ciascun parametro analizzato è data inoltre indicazione dei valori che ricadono al di sotto del *limite di quantificazione* (L.Q.) dello strumento (limite che rappresenta la più bassa concentrazione dell'inquinante che può essere misurata).

Il box-plot costituisce una descrizione sintetica della distribuzione dei dati secondo un carattere quantitativo tramite semplici indici di dispersione e di posizione. Esso fornisce indicazioni sulle caratteristiche salienti della distribuzione dei dati, in particolare per quanto riguarda la simmetria della sua forma.

La linea interna alla scatola rappresenta la mediana della distribuzione; le linee estreme rappresentano il 25° ed il 75° percentile. Le linee che si allungano dai bordi della scatola (baffi) individuano gli intervalli fino ai valori rispettivamente del 5° e 95° percentile. Inoltre vengono evidenziati i punti relativi al valor medio, al 98° percentile e al valore massimo registrati (Figura 10).

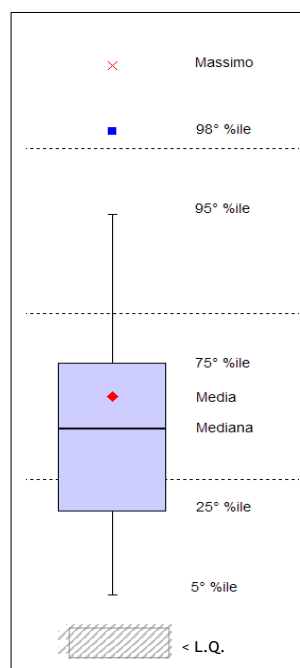


Figura 10 - Box-plot

Per gli inquinanti quali NO₂, O₃, C₆H₆ sono mostrati i grafici inerenti gli andamenti dei giorni tipo, con particolare attenzione alle differenze stagionali e/o tra giorni feriali/festivi. Il giorno tipo rappresenta il profilo giornaliero della concentrazione di un inquinante in un determinato periodo annuale o stagionale, ed ha lo scopo di evidenziare i comportamenti ricorrenti; si ottiene mediando i valori di concentrazione rilevati alla medesima ora nel periodo considerato (tutti gli orari sono indicati in ora solare). Nella distinzione tra giorni tipo estivi e invernali la stagione estiva è stata rappresentata mediante i dati dei mesi di giugno, luglio e agosto, mentre la stagione invernale è stata rappresentata dai dati dei mesi di gennaio, febbraio e dicembre.

Per ciascun inquinante è inoltre riportata la serie storica dei valori medi annuali a partire dal 2008, dove disponibile. Per PM₁₀ e O₃, parametri maggiormente soggetti a superamenti dei limiti normativi, è stato confrontato l'andamento negli anni del numero di giorni critici (favorevoli all'accumulo degli inquinanti al suolo) con quello degli effettivi superamenti del valore obiettivo per la media oraria (per O₃) o del valore limite per la media giornaliera (per PM₁₀).

La normativa vigente richiede una copertura minima annuale di dati pari al 90% per ogni parametro misurato (Allegato I del D.Lgs. 155/2010), tuttavia nell'elaborazione mensile e annuale sono stati presentati, in quanto ritenuti sufficientemente rappresentativi, i valori calcolati su una percentuale di dati validi almeno del 75%. Ai fini dell'elaborazione giornaliera sono richiesti almeno 18 dati orari (75% di dati validi nel giorno).

Nella Tabella 4 viene riportata per ciascuna stazione e ciascun analizzatore l'efficienza percentuale raggiunta nel 2018. Tutti gli analizzatori hanno raggiunto la copertura di almeno il 90% dei dati annuali previsti dalla normativa.

STAZIONE	NO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	BTX
Bologna - Porta San Felice	99%	100%	99%	99%	-	92%
San Lazzaro	100%	-	99%	-	-	-
Bologna - Giardini Margherita	98%	-	93%	94%	95%	-
Bologna - Chiarini	99%	-	99%	-	97%	-
Imola - De Amicis	97%	100%	98%	-	-	100%
Molinella - San Pietro Capofiume	98%	-	98%	98%	94%	-
Porretta Terme - Castelluccio	93%	-	93%	92%	99%	-

Tabella 4 - Rendimenti annuali degli analizzatori della rete - anno 2018

BIOSSIDO DI AZOTO E OSSIDI DI AZOTO - NO₂ e NO_x

Cosa sono

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). Il biossido di azoto, gas di odore acre e pungente, gioca un ruolo principale nella formazione dell'ozono, ed è tra i precursori di alcune frazioni significative del PM₁₀ e PM_{2,5}.

Come si originano

Il monossido di azoto (NO) si forma principalmente per reazione dell'azoto contenuto nell'aria (circa 78% N₂) con l'ossigeno atmosferico in processi che avvengono ad 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 principali sorgenti di NO ed NO₂ sono di natura antropica e riguardano i processi di combustione (gas di scarico dei veicoli a motore, gli impianti di riscaldamento e alcuni processi industriali).

NO ₂ anno 2018 - Concentrazioni in µg/m ³									
Stazione	N. dati validi	MIN	50°	MEDIA	90°	95°	98°	MAX	n° sup. orari 200 µg/m ³
PORTA SAN FELICE	8338	< 12	48	49	74	82	91	127	0
GIARDINI MARGHERITA	8192	< 12	18	22	45	53	61	129	0
VIA CHIARINI	8307	< 12	20	23	43	51	66	156	0
SAN LAZZARO	8379	< 12	21	25	47	55	64	104	0
DE AMICIS	8118	< 12	22	25	47	55	63	99	0
SAN PIETRO CAPOFIUME	8223	< 12	< 12	12	27	33	39	75	0
CASTELLUCCIO	7844	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12	32	0
VALORE LIMITE		<i>Media annuale</i>			40 µg/m³	<i>n° max sup. consentiti</i>			18

■ > valore limite

Tabella 5 - Biossido di azoto: Parametri statistici e confronto coi limiti di legge - anno 2018

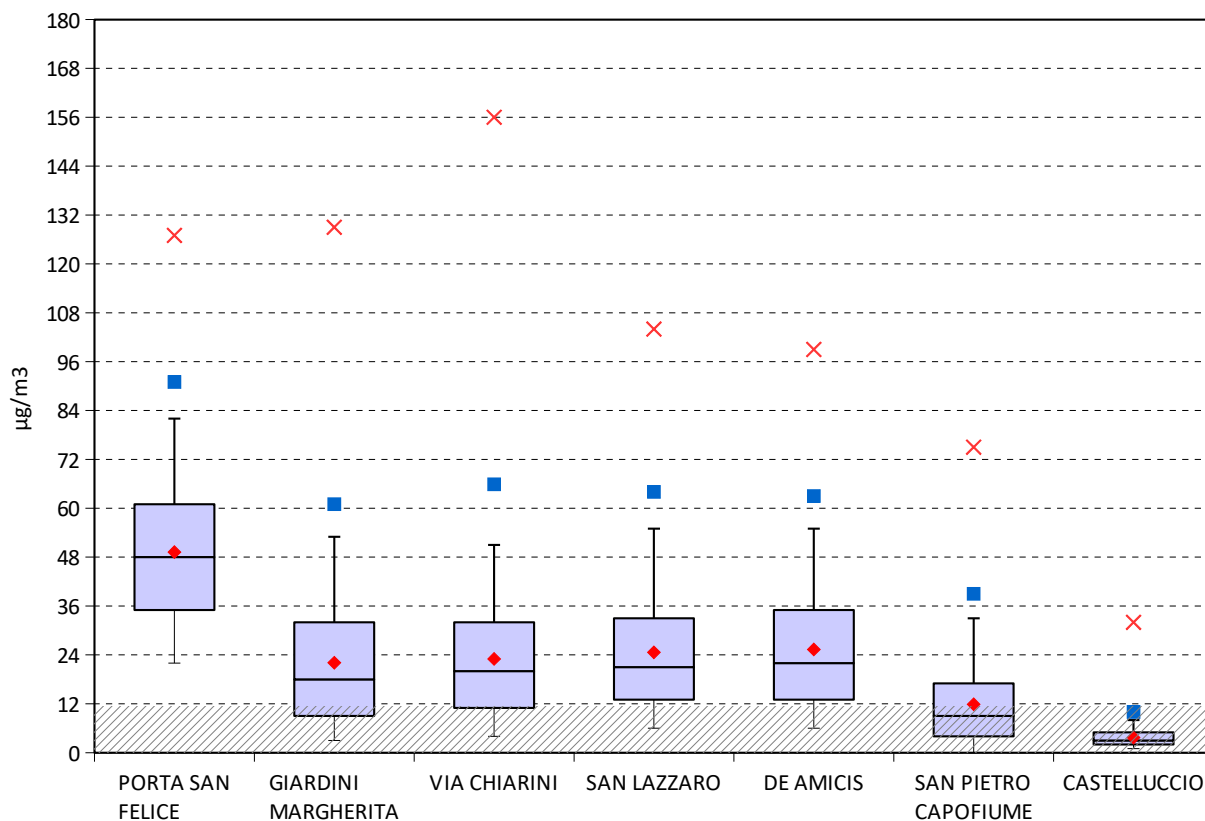


Figura 11 - NO₂ : Box Plot delle statistiche annuali 2018

Relativamente all'anno in esame, la media annuale di biossido di azoto non rispetta il valore limite di legge ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nella sola stazione di Porta San Felice (Tabella 5).

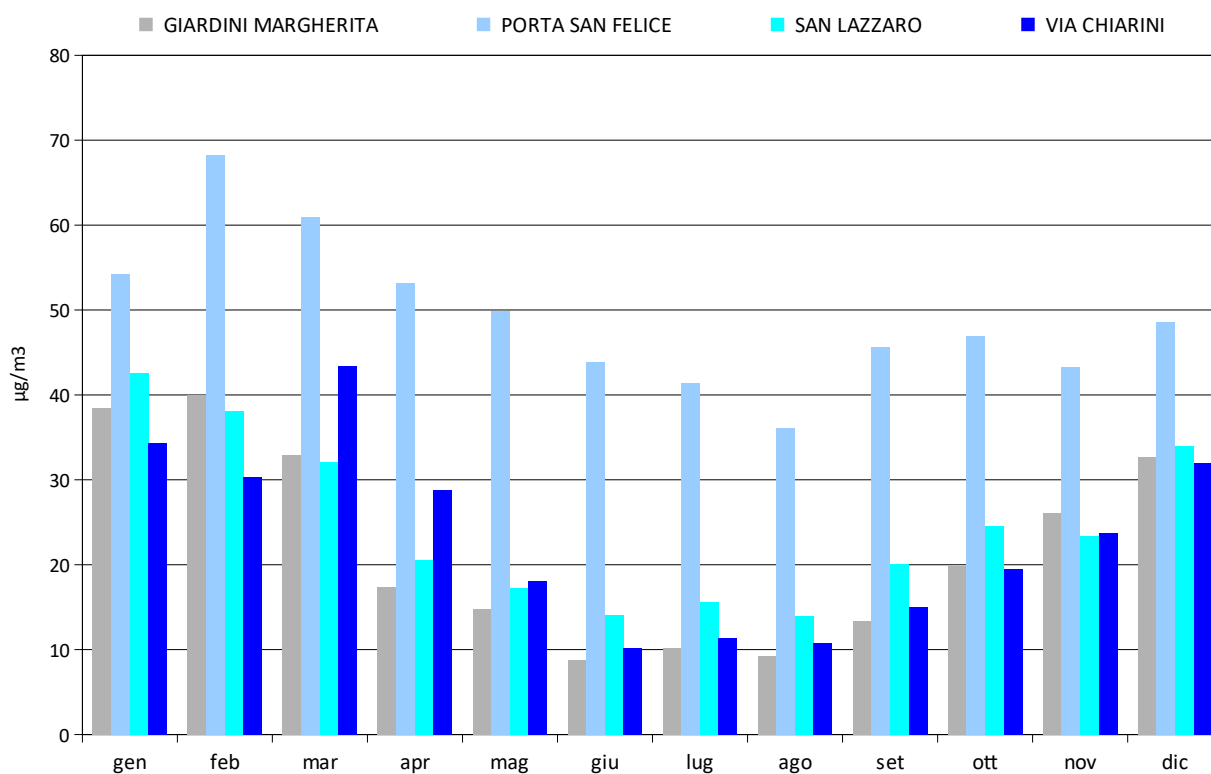


Figura 12 - Agglomerato - NO₂ Concentrazioni medie mensili 2018

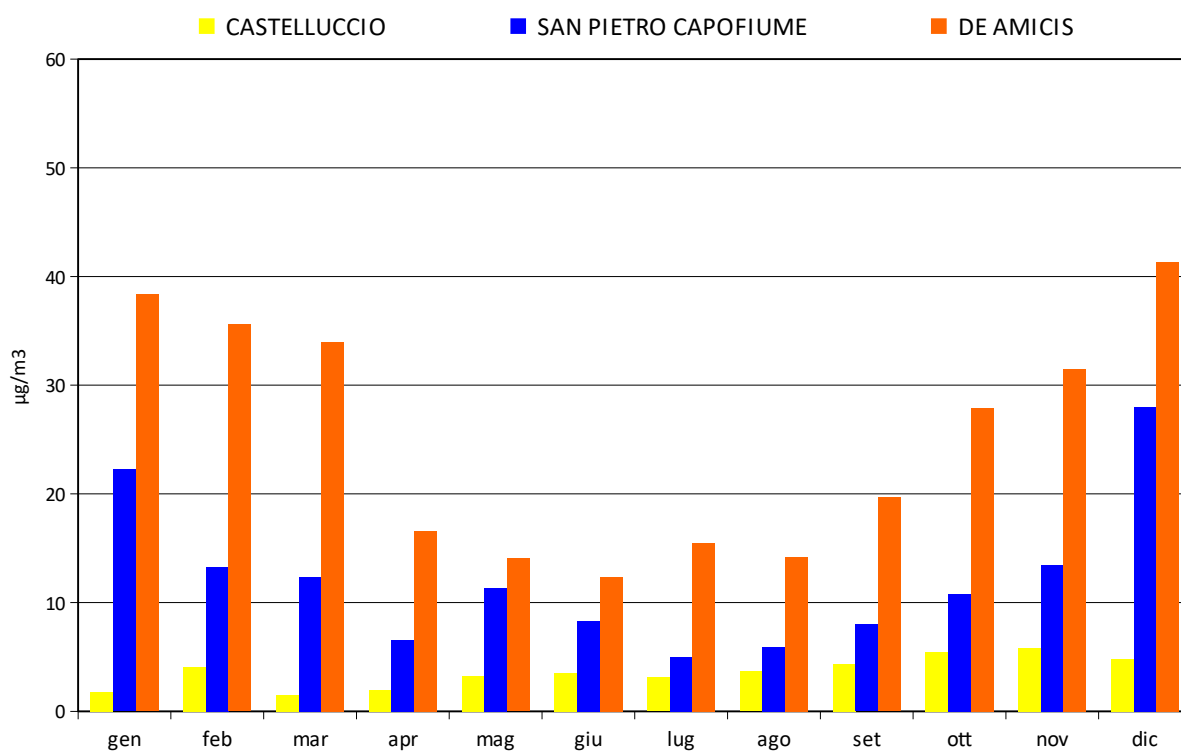


Figura 13 - Pianura e Appennino - NO₂ Concentrazioni medie mensili 2018

Il valore limite sulla media oraria di 200 µg/m³, da non superare per più di 18 ore nel corso di un anno, viene rispettato in tutte le stazioni. Anche per il 2018 la soglia di allarme di 400 µg/m³ non è mai stata raggiunta da nessuna centralina. Questa situazione evidenzia che gli episodi acuti legati a concentrazioni orarie elevate di NO₂ non rappresentano un elemento di criticità.

Da notare che la stazione Castelluccio ha valori poco dispersi e concentrati intorno al valore medio, oltre che in gran parte al di sotto del limite di quantificazione.

L'analisi delle concentrazioni medie mensili calcolate per l'anno 2018 (Figura 12 e 13, Tabella 6) permette di evidenziare, sia nelle stazioni dell'Agglomerato che in quelle di Pianura, l'andamento stagionale: si osserva infatti un incremento nei mesi più freddi dell'anno. Tipicamente l'NO₂ raggiunge le concentrazioni più elevate durante l'inverno, quando la sua produzione raggiunge i valori massimi a causa del funzionamento degli impianti di riscaldamento. Durante i mesi più caldi, invece, viene efficacemente disperso dalle correnti ascensionali. Inoltre, prolungate condizioni di elevata intensità delle radiazioni ultraviolette innescano nell'atmosfera complesse reazioni chimiche, tra i cui effetti è compresa pure una rimozione di NO₂ a seguito della sua trasformazione in acido nitrico e nitrati.

Per quanto concerne le stazioni dell'Agglomerato, i valori medi di biossido di azoto più elevati sono stati registrati per tutto l'anno dalla stazione da traffico di Porta San Felice.

Le oscillazioni nelle medie mensili presso Castelluccio, stazione dell'Appennino, sono scarsamente rappresentative in quanto riguardanti valori inferiori al limite di quantificazione (12 µg/m³).

NO ₂ (µg/m ³) – medie mensili anno 2018												
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
PORTA SAN FELICE	54	68	61	53	50	44	41	36	46	47	43	49
SAN LAZZARO	43	38	32	21	17	14	16	14	20	25	23	34
GIARDINI MARGHERITA	38	40	33	17	15	<12	<12	<12	13	20	26	33
VIA CHIARINI	34	30	43	29	18	10	<12	<12	15	20	24	32
DE AMICIS	38	36	34	17	14	12	16	14	20	28	32	41
SAN PIETRO CAPOFIUME	22	13	12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	13	28
CASTELLUCCIO	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12

■ percentuale di dati validi inferiore al 90% ■ percentuale di dati validi inferiore al 75%

Tabella 6 - NO₂ Concentrazioni medie mensili 2018

Per visualizzare l'andamento giornaliero caratteristico di NO₂ si è fatto ricorso all'elaborazione dei giorni tipo per le stazioni da traffico Porta San Felice (Figura 14) e di fondo urbano Giardini Margherita (Figura 15), considerando separatamente giorni feriali, sabato e domenica.

L'andamento delle concentrazioni del giorno tipo mostra una certa dipendenza dai flussi veicolari, osservabile in entrambe le stazioni, seppur più accentuata per Porta San Felice. Le concentrazioni più elevate infatti si registrano in corrispondenza delle ore di punta del traffico, mattutine (dalle 7 alle 10) e pomeriggio-serali (attorno alle 16-21).

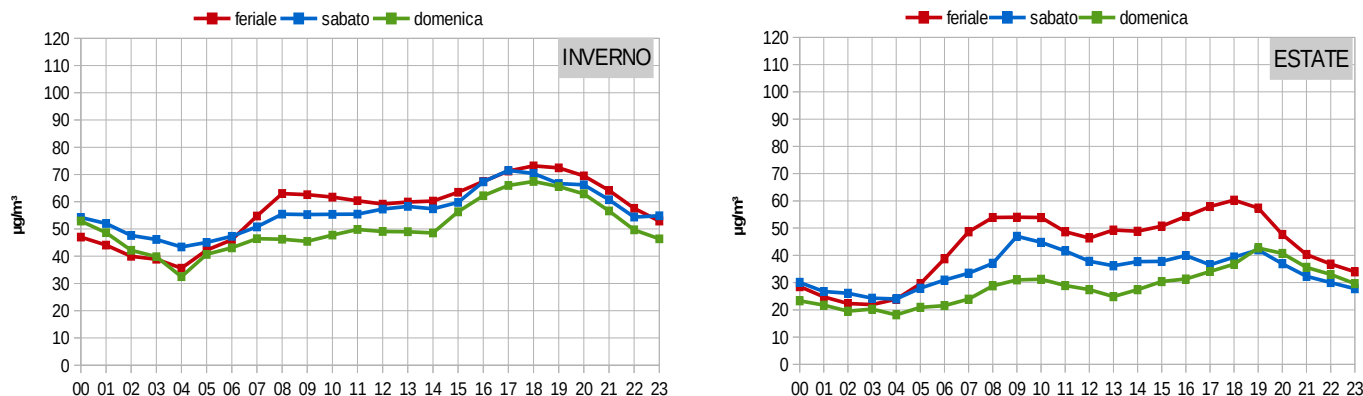


Figura 14 - Porta San Felice, NO₂: Giorno tipo invernale ed estivo

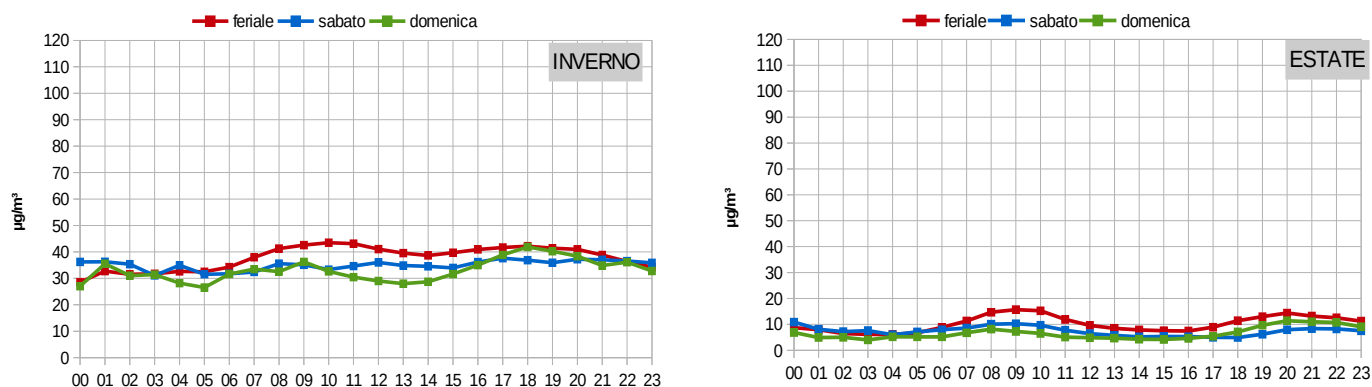


Figura 15 - Giardini Margherita, NO₂: Giorno tipo invernale ed estivo

Dall'analisi stagionale emerge come le concentrazioni raggiungano minimi più accentuati nelle ore centrali delle giornate estive, sia per effetto delle reazioni fotochimiche, sia per effetto delle diverse condizioni meteorologiche che in estate sono caratterizzate da maggiore trasporto orizzontale e dispersione su uno strato più alto dell'atmosfera rispetto al periodo invernale.

In Figura 16 e nella successiva tabella sono riportati i valori delle medie annuali rilevate a partire dal 2008.

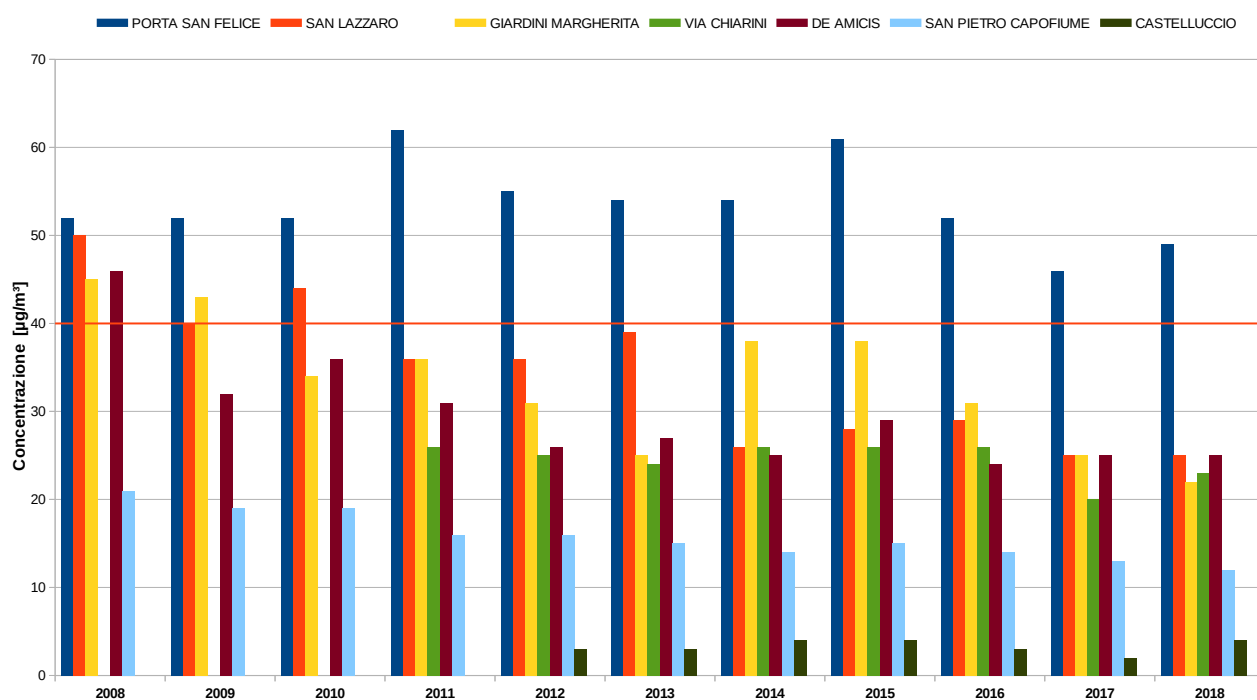


Figura 16 - NO₂ Confronto medie annuali 2008-2018

NO ₂ (µg/m ³) – Medie annuali 2008 – 2018											
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PORTA SAN FELICE	52	52	52	62	55	54	54	61	52	46	49
SAN LAZZARO	50	40	44	36	36	39	26	28	29	25	25
GIARDINI MARGHERITA	45	43	34	36	31	25	38	38	31	25	22
VIA CHIARINI	-	-	-	26	25	24	26	26	26	20	23
DE AMICIS	46	32	36	31	26	27	25	29	24	25	25
SAN PIETRO CAPOFIUME	21	19	19	16	16	15	14	15	14	13	12
CASTELLUCCIO	-	-	-	-	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12

- analizzatore non attivo

percentuale di dati validi inferiore al 90%

Tabella 7 - NO₂: Andamento temporale delle medie annuali

Non si evince un trend univoco sul lungo periodo per gli anni considerati. Per le stazioni da traffico si osserva che il valore limite annuale di 40 µg/m³ è stato sempre superato a Porta San Felice, mentre nella stazione di Giardini Margherita sono state registrate medie annuali sotto il valore limite a partire dal 2010 e, nella stazione di San Lazzaro sono state registrate medie annuali sotto il valore limite a partire dal 2011. Per la stazione di San Pietro Capofiume si conferma un trend in diminuzione.

Nell'area urbana di Imola l'andamento delle medie annuali della stazione da traffico De Amicis mostra superamenti del valore limite nel 2008, seguiti da valori stabilmente inferiori al limite annuale negli anni successivi.

Il Decreto Legislativo del 13 agosto 2010 n.155, stabilisce inoltre il livello critico per la protezione della vegetazione per la concentrazione nell'aria ambiente di ossidi di azoto, NO_x, fissato in 30 µg/m³ come valore medio annuo.

La normativa pone questo limite unicamente per le stazioni ubicate ad oltre 20 km dalle aree urbane e ad oltre 5 km da altre zone edificate, impianti industriali, autostrade o strade di grande comunicazione. Questi criteri sono soddisfatti, per la rete di rilevamento della provincia di Bologna, dalle stazioni di fondo rurale San Pietro Capofiume e di fondo remoto Castelluccio, dove il limite per la protezione della vegetazione per il 2018 risulta rispettato (Tabella 8).

NO_x anno 2018 - Concentrazioni in µg/m³		
Stazione	N. dati validi	MEDIA
SAN PIETRO CAPOFIUME	8223	20
CASTELLUCCIO	7844	< 12

LIVELLO CRITICO	Media annuale	30 µg/m³
------------------------	----------------------	----------------------------

Tabella 8 - Protezione della Vegetazione: NO_x Media annuale 2018

OZONO - O₃**Che cos'è**

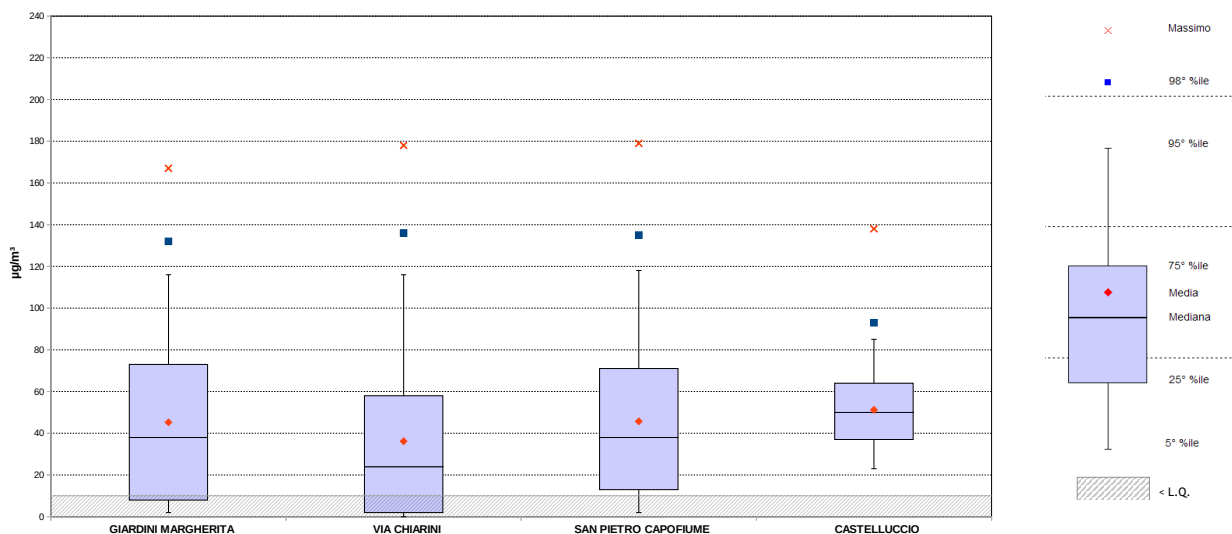
L'ozono è un componente gassoso dell'atmosfera, molto reattivo e aggressivo. Negli strati alti dell'atmosfera terrestre (stratosfera) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla Terra, creando uno scudo che filtra i raggi ultravioletti del Sole. Invece negli strati bassi dell'atmosfera terrestre (troposfera) è presente in concentrazioni elevate a seguito di situazioni d'inquinamento e provoca disturbi irritativi all'apparato respiratorio e danni alla vegetazione.

Come si origina

Oltre che in modo naturale, per interazione tra i composti organici emessi in natura e l'ossigeno dell'aria sotto l'irradiazione solare, l'ozono si produce anche per effetto dell'immissione di solventi e ossidi di azoto dalle attività umane. L'immissione di inquinanti primari (prodotti dal traffico, dai processi di combustione, dai solventi delle vernici, dall'evaporazione di carburanti etc.) favorisce quindi la produzione di un eccesso di ozono rispetto alle quantità altrimenti presenti in natura durante i mesi estivi.

O ₃ anno 2018 – Concentrazioni in µg/m ³								
Stazione	N. dati validi	MIN	50°	MEDIA	90°	95°	98°	MAX
GIARDINI MARGHERITA	8432	<10	38	45	101	116	132	167
VIA CHIARINI	8342	<10	24	36	96	116	136	178
SAN PIETRO CAPOFIUME	8268	<10	38	46	100	118	135	179
CASTELLUCCIO	7855	23	50	51	78	85	93	138

Tabella 9 - Ozono: Parametri statistici - anno 2018

Figura 17 - O₃ : Box Plot delle statistiche annuali 2018

Il box plot (Figura 17) evidenzia che per Castelluccio la distribuzione dei dati risulta più simmetrica rispetto alle altre stazioni, per le quali si osservano distribuzioni che coprono un più ampio intervallo di valori ed è concentrata attorno al valore mediano, ad indicare valori di concentrazione mediamente costanti durante l'anno rispetto alle rimanenti stazioni.

Dall'analisi delle concentrazioni medie mensili calcolate per l'anno 2018 (Figura 18 e Tabella 10) è possibile mettere in evidenza l'andamento stagionale dell'ozono, concorde in quasi tutte le stazioni in cui questo parametro è stato rilevato (stazioni di fondo). I valori medi mensili più elevati sono stati registrati tra luglio e agosto; con una crescita più graduale nella transizione inverno-estate ed un brusco calo nel passaggio estate-inverno. A Castelluccio, stazione dell'Appennino, i valori di O₃ rimangono relativamente alti e poco variabili in tutti i mesi invernali e in primavera.

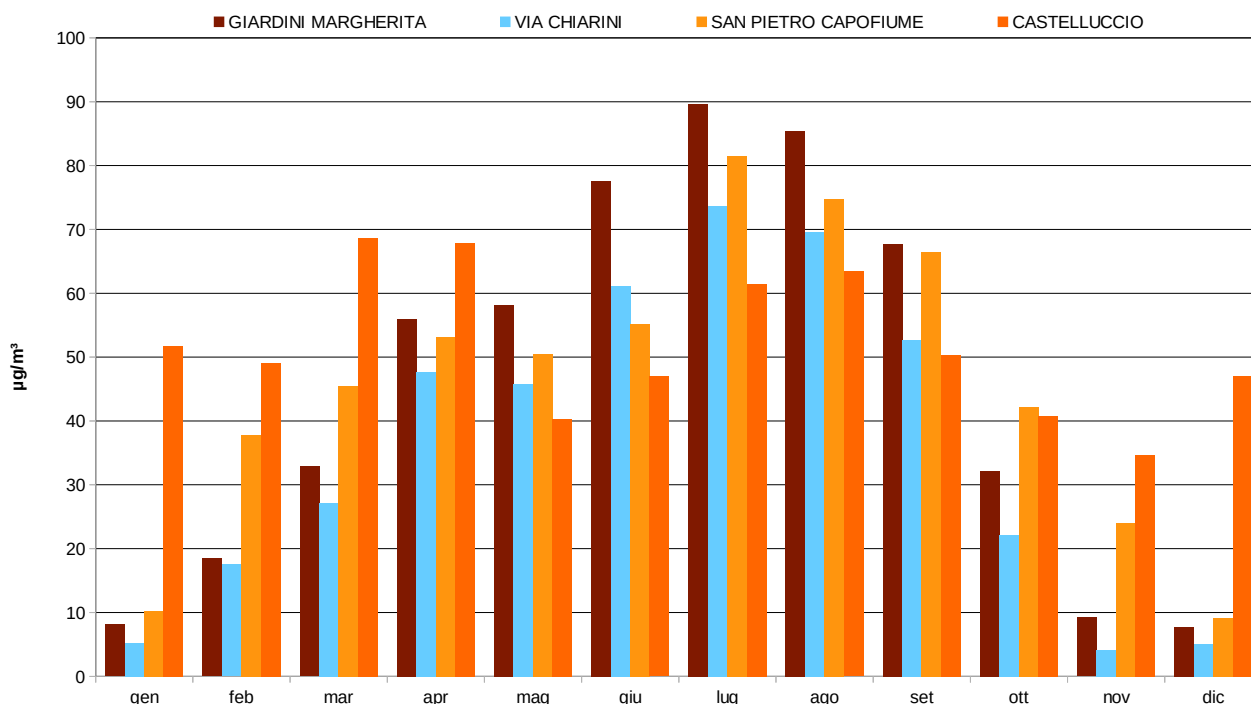


Figura 18 - O₃ Concentrazioni medie mensili 2018

O ₃ (µg/m ³) – medie mensili anno 2018												
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
GIARDINI MARGHERITA	< 10	18	33	56	58	78	90	85	68	32	< 10	< 10
VIA CHIARINI	< 10	18	27	48	46	61	74	70	53	22	< 10	< 10
SAN PIETRO CAPOFIUME	10	38	45	53	50	55	82	75	66	42	24	< 10
CASTELLUCCIO	52	49	69	68	40	47	61	63	50	41	35	47

percentuale inferiore al 90%

Tabella 10 - O₃ Concentrazioni medie mensili 2018

Per quanto attiene all'ozono troposferico i limiti da rispettare stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione della salute umana sono riferiti sia al breve periodo sia al medio-lungo periodo.

Per il breve periodo sono definite 2 soglie di concentrazione limite:

- la "soglia di informazione", pari a 180 µg/m³ di ozono misurato in aria come media oraria;
- la "soglia di allarme" pari a 240 µg/m³ di ozono misurato in aria come media oraria.

Secondo normativa il calcolo del numero di superamenti nell'anno richiede una percentuale del 90% di dati validi per cinque mesi su sei nella stagione estiva (da aprile a settembre), condizione verificatasi per tutte le stazioni della Rete nell'anno in esame.

Nel 2018, per la prima volta da anni, non si sono registrati superamenti della soglia di informazione (Tabella 11).

O ₃ anno 2018 – numero ore di superamento soglia di informazione (180 µg/m ³)													
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	2018
GIARDINI MARGHERITA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIA CHIARINI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SAN PIETRO CAPOFIUME	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASTELLUCCIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

percentuale di dati validi inferiore al 90%

mesi estivi validi < 5

Tabella 11 - Ozono: Superamenti soglia di informazione - anno 2018

Per la protezione della salute umana sul medio e lungo periodo il decreto prevede:

- il valore obiettivo pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni . Se non è possibile determinare le medie su tre anni in base ad una serie intera e consecutiva di dati annui, la valutazione della conformità ai valori obiettivo si può riferire, come minimo, ai dati relativi a un anno;
- l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana calcolato come media massima giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile, pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In Tabella 12 è riportato il numero di superamenti del valore obiettivo per l'anno considerato come media degli ultimi 3 anni. Per tutte le stazioni tranne Castelluccio si registrano superamenti del limite normativo.

O ₃ anno 2018 – numero giorni di superamento valore obiettivo (120 mg/m ³)		
Stazione	media 3 anni	
GIARDINI MARGHERITA	45	
VIA CHIARINI	45	
SAN PIETRO CAPOFIUME	35	
CASTELLUCCIO	4	
LIMITE NORMATIVO	N° max sup.	25


 > valore limite

Tabella 12 - Ozono: Superamenti valore obiettivo per la salute umana - anno 2018

Il numero di superamenti riferiti all'ultimo anno sono quelli riportati in Tabella 13; per tutte le stazioni sono soddisfatti i criteri di aggregazione dei valori .

O ₃ anno 2018 – numero giorni di superamento obiettivo a lungo termine (120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)													
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	2018
GIARDINI MARGHERITA	0	0	0	0	0	4	16	15	4	0	0	0	39
VIA CHIARINI	0	0	0	0	1	4	13	16	5	0	0	0	39
SAN PIETRO CAPOFIUME	0	0	0	0	0	0	19	17	9	0	0	0	45
CASTELLUCCIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



 percentuale di dati validi inferiore al 90%  mesi estivi validi < 5

Tabella 13 - Ozono: Superamenti obiettivo a lungo termine per la salute umana - anno 2018

Le rappresentazioni del giorno tipo stagionale (Figura 19) evidenziano per la stagione estiva un andamento che segue il processo di formazione dell'inquinante: le concentrazioni risultano più elevate nelle ore centrali della giornata, caratterizzate da maggiore intensità della radiazione solare. I valori diurni di concentrazione più elevati sono stati registrati nella stazione di fondo rurale (San Pietro Capofiume); tuttavia tali dati non si sono discostati molto da quelli rilevati nelle stazioni di fondo urbano dell'agglomerato (Giardini Margherita e via Chiarini). Durante l'inverno invece, l'andamento giornaliero è nettamente meno marcato, con la stazione di Castelluccio (fondo remoto) che presenta livelli di concentrazione orari, superiori a quelli delle altre stazioni.

Un altro aspetto interessante legato ai giorni tipo di Castelluccio è che sia nel caso di quello invernale che di quello estivo, gli andamenti orari appaiono molto più costanti rispetto a quanto accade sulle altre stazioni; questo è probabilmente dovuto alle diverse condizioni ambientali che si trovano in quota sull'Appennino (la stazione di Castelluccio è posta a circa 900 metri s.l.m.) rispetto a quello che avviene per tutte le altre centraline della pianura.

Le concentrazioni di ozono, tipico inquinante secondario, possono essere influenzate dalle dinamiche di trasporto e degradazione dei precursori verso le aree rurali, che possono così trovarsi ad essere interessate da livelli più elevati rispetto alle aree urbane vicine. Inoltre nelle città una parte dell'ozono, composto molto reattivo, in presenza di basse intensità di radiazione solare viene eliminato per reazione con l'ossido di azoto, mentre nelle aree suburbane o rurali ne è favorito l'accumulo a causa di concentrazioni inferiori di NO e composti organici.

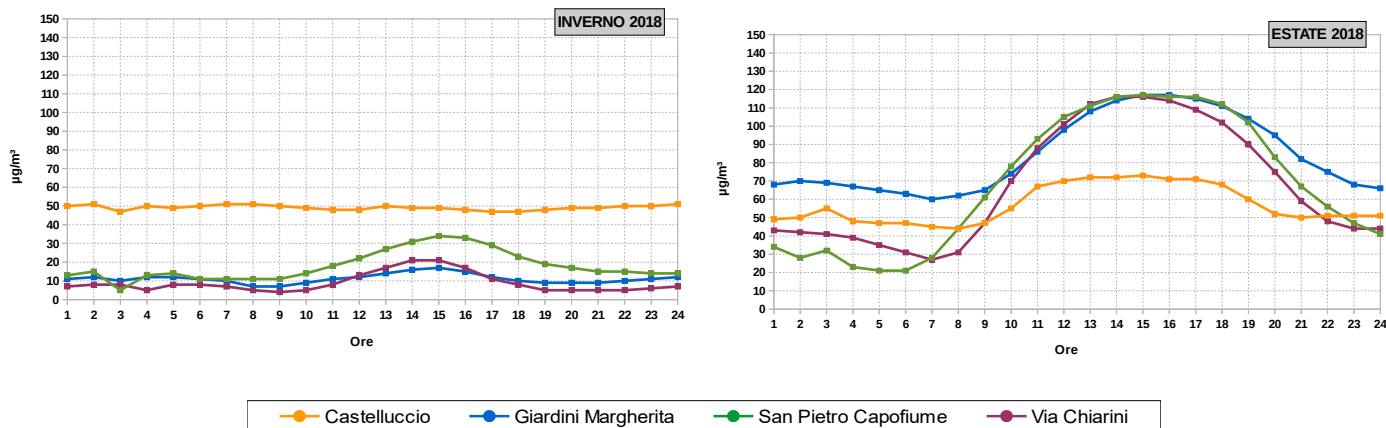


Figura 19 - Ozono: Giorno tipo invernale ed estivo

Il D.Lgs. 155/2010 introduce inoltre un valore obiettivo e un obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione, entrambi riferiti all'AOT40 (Accumulated exposure Over a Threshold of 40 ppb). Questo parametro è definito come la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e il valore di 80 µg/m³ sull'intera stagione vegetativa (fissata nel trimestre maggio-luglio), utilizzando i valori orari rilevati ogni giorno tra le h 8:00 e le h 20:00, ora dell'Europa Centrale.

I limiti normativi di tale indicatore (misurato in µg/m³ * h) sono fissati a 18000 come media su 5 anni per il valore obiettivo e a 6000 in riferimento all'anno in esame per l'obiettivo a lungo termine. Se non è possibile determinare le medie su cinque anni in base ad una serie intera e consecutiva di dati annui, la valutazione della conformità ai valori obiettivo si può riferire, come minimo, ai dati relativi a tre anni.

La normativa definisce anche i criteri per l'individuazione delle stazioni soggette alle finalità di questa misurazione; per le loro caratteristiche, le stazioni rappresentative della rete di Bologna sono quelle di fondo suburbano Via Chiarini, di fondo rurale San Pietro Capofiume e di fondo remoto Castelluccio. Per il 2018 si evidenziano medie superiori ai limiti normativi in tutte le postazioni considerate, ad eccezione del valore obiettivo come media su 5 anni di Castelluccio (Tabella 14).

AOT40 anno 2018 - Concentrazioni in µg/m³*h			
Stazione	N. dati validi	Valore obiettivo (media 5 anni)	Obiettivo a lungo termine
VIA CHIARINI	1086	26590	28997
SAN PIETRO CAPOFIUME	1049	20253	12654
CASTELLUCCIO	1096	5675	8527
LIMITE NORMATIVO		18000	6000

> valore limite

Tabella 14 - Protezione della Vegetazione: AOT40 anno 2018

In Tabella 15 e Tabella 16 sono riportate le serie storiche 2008 - 2018 dei superamenti rispettivamente della soglia di informazione e dell'obiettivo a lungo termine. Dai valori disponibili non si evince alcun trend specifico sul lungo periodo.

O3 soglia di informazione – numero ore di superamento media oraria (180 µg/m3) 2008 – 2018											
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
GIARDINI MARGHERITA	35	2	0	20	10	74	15	7	9	15	0
VIA CHIARINI	-	-	-	16	39	26	6	35	9	29	0
SAN PIETRO CAPOFUME	38	1	10	0	2	4	0	0	4	0	0
CASTELLUCCIO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0

- analizzatore non attivo mesi estivi validi < 5

Tabella 15 - O₃: Andamento temporale dei superamenti della soglia di informazione

O3 obiettivo a lungo termine – numero giorni di superamento max media 8 h (120 µg/m3) 2008 – 2018											
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
GIARDINI MARGHERITA	47	42	15	66	58	75	44	40	45	52	39
VIA CHIARINI	-	-	-	73	70	52	25	55	46	51	39
SAN PIETRO CAPOFUME	57	70	58	83	58	40	16	36	45	15	45
CASTELLUCCIO	-	-	-	0	12	5	2	14	1	11	0

- analizzatore non attivo mesi estivi validi < 5

Tabella 16 - O₃: Andamento temporale dei superamenti dell'obiettivo a lungo termine

In Figura 20 sono riportate le serie annuali dei superamenti dell'obiettivo a lungo termine confrontati con il numero di giorni favorevoli alla formazione di ozono, definiti come le giornate in cui la temperatura massima supera i 29°C. Dal punto di vista qualitativo si osserva un andamento spesso concorde fra le due grandezze, a conferma di come la formazione dell'ozono sia governata dalle condizioni meteorologiche.

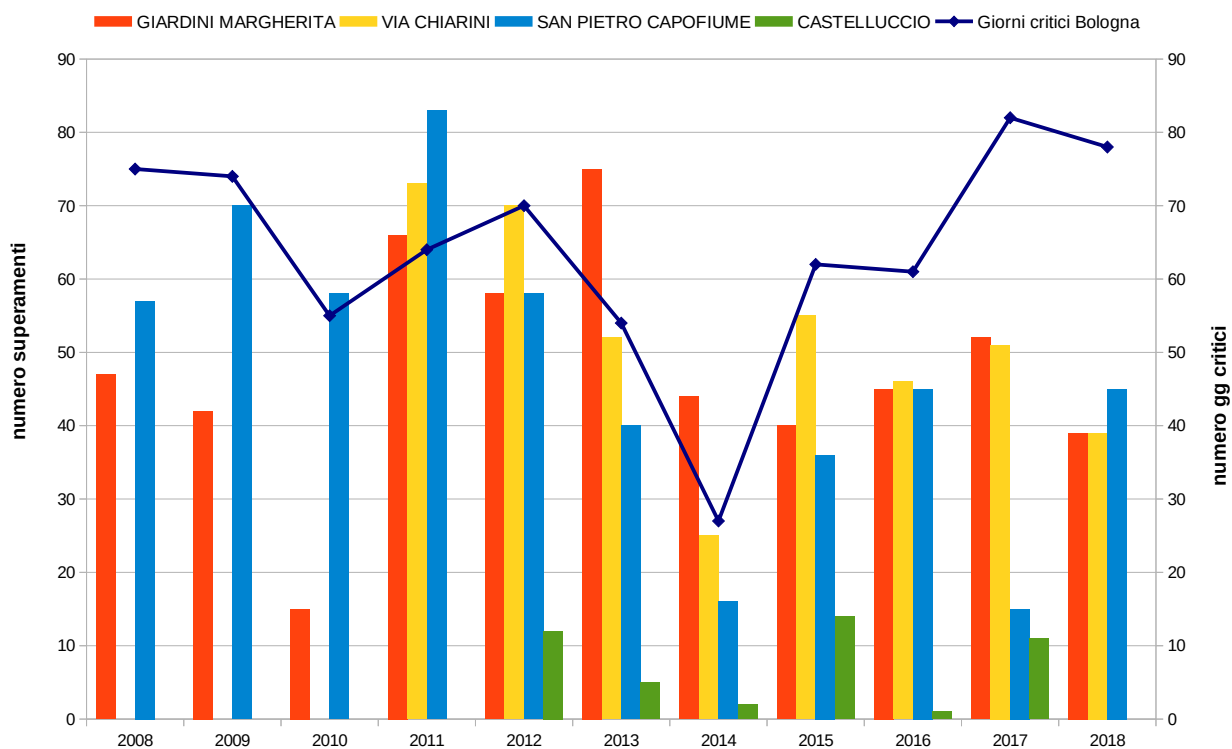


Figura 20 - O₃ Confronto superamenti obiettivo a lungo termine e numero di giorni critici

PARTICOLATO PM₁₀

Che cos'è

Per materiale particolato aerodisperso si intende l'insieme delle particelle atmosferiche solide e liquide aventi diametro aerodinamico variabile fra 0.1 e circa 100 µm. Il termine PM₁₀ identifica le particelle di diametro aerodinamico inferiore o uguale ai 10 µm (1 µm = 1 millesimo di millimetro). In generale il materiale particolato di queste dimensioni è caratterizzato da lunghi tempi di permanenza in atmosfera e può, quindi, essere trasportato anche a grande distanza dal punto di emissione. Ha una natura chimica particolarmente complessa e variabile ed è in grado di penetrare nell'apparato respiratorio e quindi, avere effetti negativi sulla salute.

Come si origina

Il particolato PM₁₀, in parte, è emesso direttamente dalle sorgenti (PM₁₀ primario) e in parte, si forma in atmosfera attraverso reazioni chimiche fra altre specie inquinanti (PM₁₀ secondario). Il PM₁₀ può avere sia un'origine naturale (erosione dei venti sulle rocce, eruzioni vulcaniche, incendi di boschi e foreste), sia antropica (combustioni e altro). Tra le sorgenti antropiche un importante ruolo è rappresentato dal traffico veicolare. Di origine antropica sono anche molte delle sostanze gassose che contribuiscono alla formazione di PM₁₀, come gli ossidi di zolfo e di azoto, i COV (Composti Organici Volatili) e l'ammoniaca.

PM ₁₀ anno 2018 - Concentrazioni in µg/m ³								
Stazione	N. dati validi	MIN	50°	MEDIA	90°	95°	98°	MAX
PORTA SAN FELICE	361	<5	23	26	44	50	58	90
SAN LAZZARO	362	<5	21	24	40	48	56	80
GIARDINI MARGHERITA	341	<5	19	22	38	45	51	87
VIA CHIARINI	361	<5	21	24	42	48	56	91
DE AMICIS	359	<5	20	23	40	47	59	83
SAN PIETRO CAPOFIUME	358	<5	21	23	41	46	57	70
CASTELLUCCIO	339	<5	9	10	19	22	28	35

VALORE LIMITE Media annuale 40 µg/m³

Tabella 17 - Particolato PM₁₀: Parametri statistici e confronto coi limiti di legge

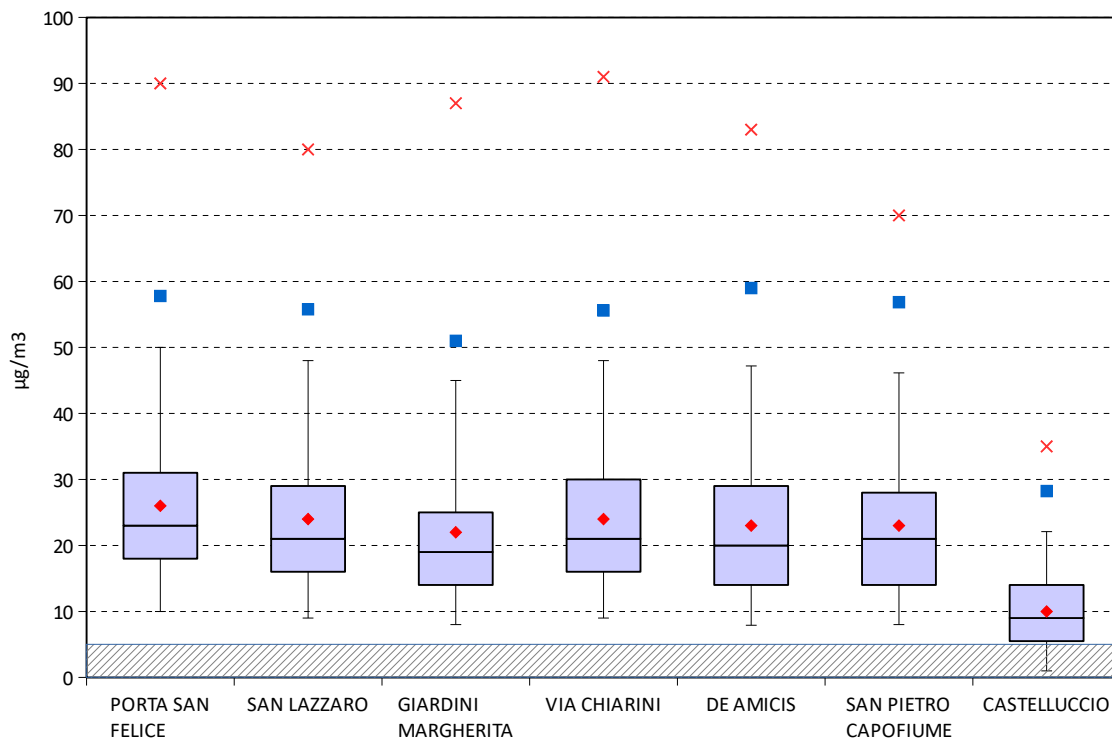


Figura 21 - PM₁₀ : Box Plot delle statistiche annuali 2018

La valutazione delle concentrazioni estesa all'intero anno (Tabella 17) mostra che nel 2018 le medie annuali ottenute non superano il valore limite di 40 µg/m³ in nessuno dei siti di misura, inclusa la stazione da traffico Porta San Felice nell'agglomerato di Bologna. Dal box plot di Figura 21 emerge come le

distribuzioni annuali dei dati siano relativamente poco disperse per la maggior parte delle stazioni e tutte molto simili tra loro (questo in parte giustificabile con la natura parzialmente secondaria del particolato), ad eccezione della stazione di Castelluccio, la cui distribuzione risulta centrata attorno ad un valore medio nettamente inferiore.

Le medie mensili delle stazioni dell'Agglomerato (Figura 22) evidenziano un andamento stagionale con concentrazioni più elevate nel semestre invernale per tutte le centraline. Andamento analogo si osserva per le stazioni di Pianura (Figura 23). A Castelluccio il trend dei mesi invernali, opposto a quello di tutte le altre stazioni, potrebbe essere legato sia ad eventi piovosi più abbondanti che nel resto del territorio, sia ad un aumento estivo dell'altezza dello strato di rimescolamento, che consente apporti di particolato da quote inferiori.

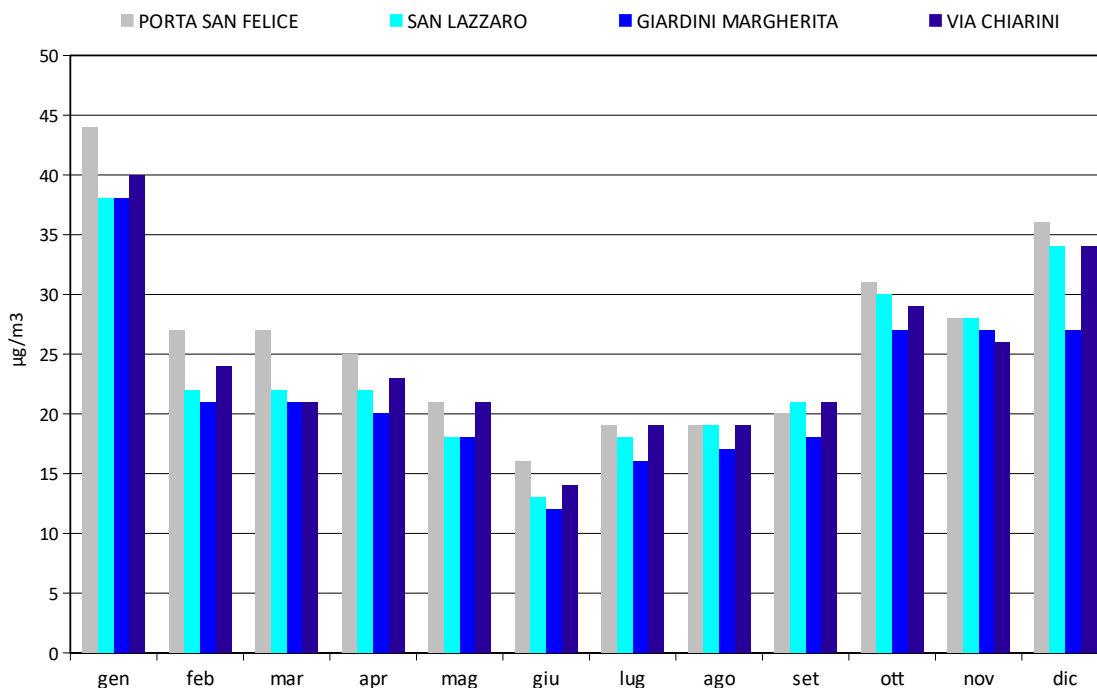


Figura 22 - Agglomerato - PM₁₀ Concentrazioni medie mensili 2018

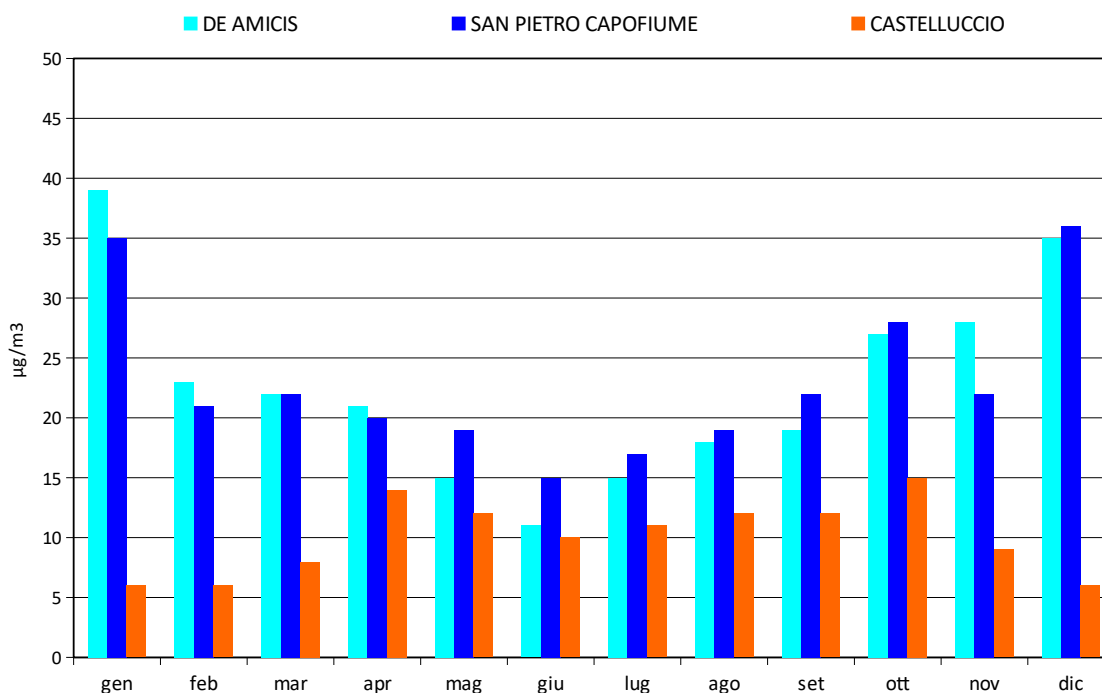


Figura 23 - Pianura e Appennino - PM₁₀ Concentrazioni medie mensili 2018

PM ₁₀ (µg/m ³) – medie mensili anno 2018												
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
PORTA SAN FELICE	44	27	27	25	21	16	19	19	20	31	28	36
SAN LAZZARO	38	22	22	22	18	13	18	19	21	30	28	34
GIARDINI MARGHERITA	38	21	21	20	18	12	16	17	18	27	27	
VIA CHIARINI	40	24	21	23	21	14	19	19	21	29	26	34
DE AMICIS	39	23	22	21	15	11	15	18	19	27	28	35
SAN PIETRO CAPOFIUME	35	21	22	20	19	15	17	19	22	28	22	36
CASTELLUCCIO	6	6	8	14	12	10	11	12	12	15	9	6

percentuale di dati validi inferiore al 90%
 percentuale di dati validi inferiore al 75%

Tabella 18 - PM₁₀ Concentrazioni medie mensili 2018

Il numero dei giorni di superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ nell'anno 2018 è riportato in Tabella 19: nessuna delle stazioni di monitoraggio ha superato il numero massimo di 35 giorni, consentiti dalla normativa. Il maggior numero di superamenti si è verificato in gennaio e dicembre.

Il numero superamenti del valore limite giornaliero è stato il più basso degli ultimi 10 anni (Tabella 20).

PM ₁₀ anno 2018 – numero giorni di superamento del valore limite giornaliero (50 µg/m ³)													
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	2018
PORTA SAN FELICE	6	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	7	18
SAN LAZZARO	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	13
GIARDINI MARGHERITA	5	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	10
VIA CHIARINI	5	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	14
DE AMICIS	6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	7	17
SAN PIETRO CAPOFIUME	4	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	7	15
CASTELLUCCIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

VALORE LIMITE **N° max giorni di superamento** 35

percentuale di dati validi inferiore al 90%
 percentuale di dati validi inferiore al 75%

Tabella 19 - PM₁₀ : Superamenti del valore limite giornaliero - anno 2018

Confrontando il numero stimato di giorni favorevoli all'accumulo di particolato (giorni critici), con gli effettivi superamenti del valore limite di 50 µg/m³ della media giornaliera di PM₁₀ dal 2008 al 2018 (Figura 24), si evidenzia che a partire dal 2014 l'andamento del numero di giorno critici è tendenzialmente aumentato, mentre il numero di giorni di effettivo superamento è in generale diminuito.

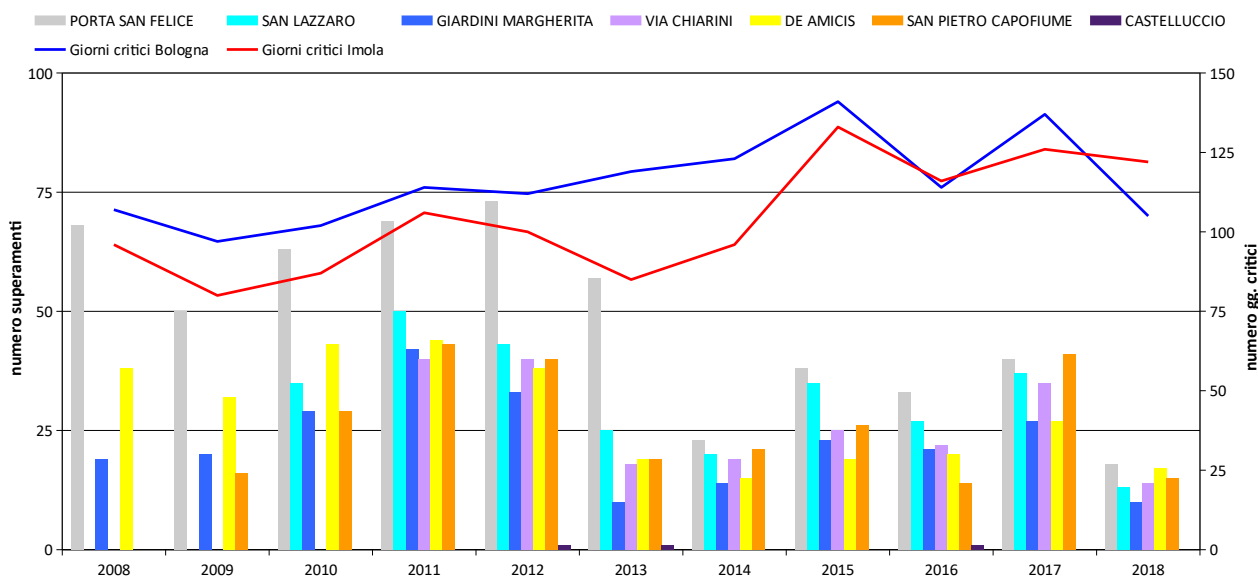


Figura 24 - PM₁₀ Confronto superamenti 50 µg/m³ e numero di giorni critici

PM10 – numero giorni di superamento del valore limite giornaliero (50 µg/m ³) 2008 – 2018											
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PORTA SAN FELICE	68	50	63	69	73	57	23	38	33	40	18
SAN LAZZARO	-	-	35	50	43	25	20	35	27	37	13
GIARDINI MARGHERITA	19	20	29	42	33	10	14	23	21	27	10
VIA CHIARINI	-	-	-	40	40	18	19	25	22	35	14
DE AMICIS	38	32	43	44	38	19	15	19	20	27	17
SAN PIETRO CAPOFIUME	-	16	29	43	40	19	21	26	14	41	15
CASTELLUCCIO	-	-	-	-	1	1	0	0	1	0	0

- analizzatore non attivo percentuale di dati validi inferiore al 90%

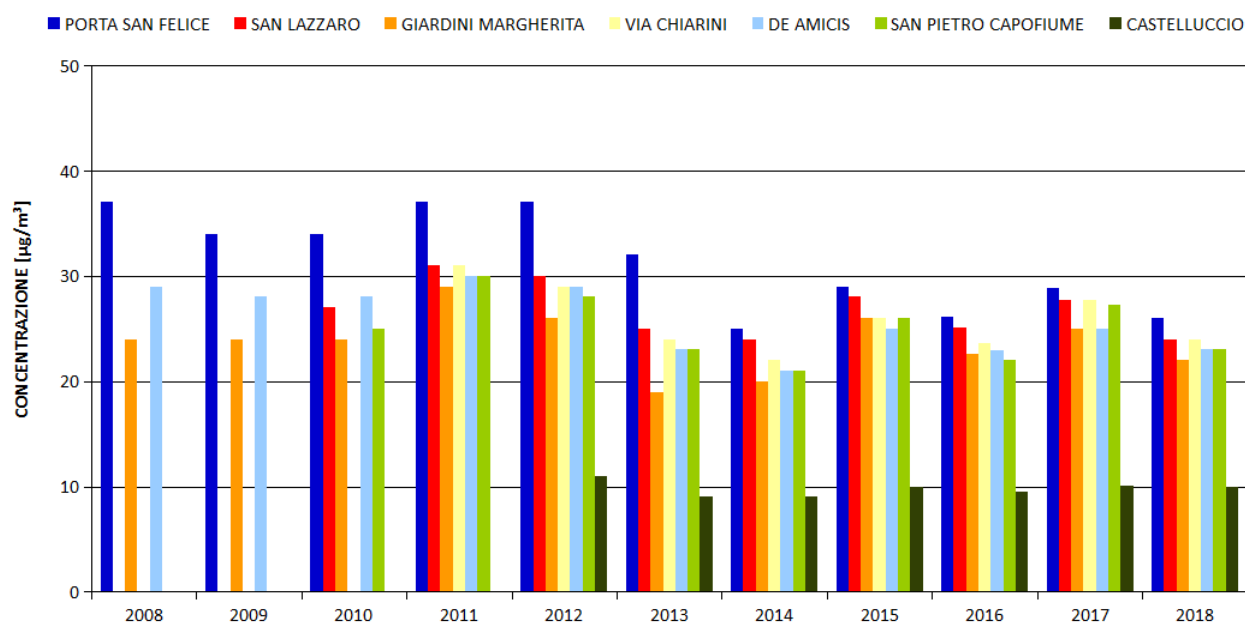
Tabella 20 - PM₁₀: Andamento temporale dei superamenti del valore limite giornaliero

In Figura 25 e Tabella 21 è riportato il trend 2008 - 2018 dei valori medi annuali di PM₁₀. Dai dati si può rilevare un leggero decremento negli anni 2008-2009, associabile anche ad un calo nel numero di giorni critici. Dal 2014 in poi i dati di concentrazione media annuale tendono a livellarsi tra loro mantenendo un trend sostanzialmente costante ma inferiore al valore limite di 40 µg/m³, ad eccezione della peculiarità della stazione di fondo di Castelluccio che rimane stabile nelle sue basse concentrazioni.

Nel 2018 le concentrazioni annuali di PM₁₀ sono state inferiori al 2017 confermando il trend positivo degli ultimi anni.

PM10 (µg/m ³) – Medie annuali 2008 – 2018											
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PORTA SAN FELICE	37	34	34	37	37	32	25	29	26	29	26
SAN LAZZARO	-	-	27	31	30	25	24	28	25	28	24
GIARDINI MARGHERITA	24	24	24	29	26	19	20	26	23	25	22
VIA CHIARINI	-	-	-	31	29	24	22	26	24	28	24
DE AMICIS	29	28	28	30	29	23	21	25	23	25	23
SAN PIETRO CAPOFIUME	-		25	30	28	23	21	26	22	27	23
CASTELLUCCIO	-	-	-	-	11	9	9	10	9	10	10

- analizzatore non attivo percentuale di dati validi inferiore al 90% percentuale di dati validi inferiore al 75%

Tabella 21 - PM₁₀: Andamento temporale delle medie annualiFigura 25 - PM₁₀ Andamento delle medie annuali 2008-2018

PARTICOLATO PM_{2.5}

Che cos'è

Per frazione fine del particolato 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 µm (1 µm = 1 millesimo di millimetro).

Come si origina

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). 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). Come per il PM₁₀, le fonti naturali sono sostanzialmente: aerosol marino, suolo risollevato e trasportato dal vento etc.

PM _{2.5} anno 2018 - Concentrazioni in µg/m ³								
Stazione	N. dati validi	MIN	50°	MEDIA	90°	95°	98°	MAX
PORTA SAN FELICE	360	<5	15	18	35	41	50	61
GIARDINI MARGHERITA	343	<5	12	15	31	35	44	69
SAN PIETRO CAPOFIUME	358	<5	14	17	34	38	48	62
CASTELLUCCIO	336	<5	6	6	12	14	17	22

VALORE LIMITE	Media annuale	25	µg/m ³
---------------	---------------	----	-------------------

Tabella 22 - Particolato PM_{2.5}: Parametri statistici e confronto coi limiti di legge - anno 2018

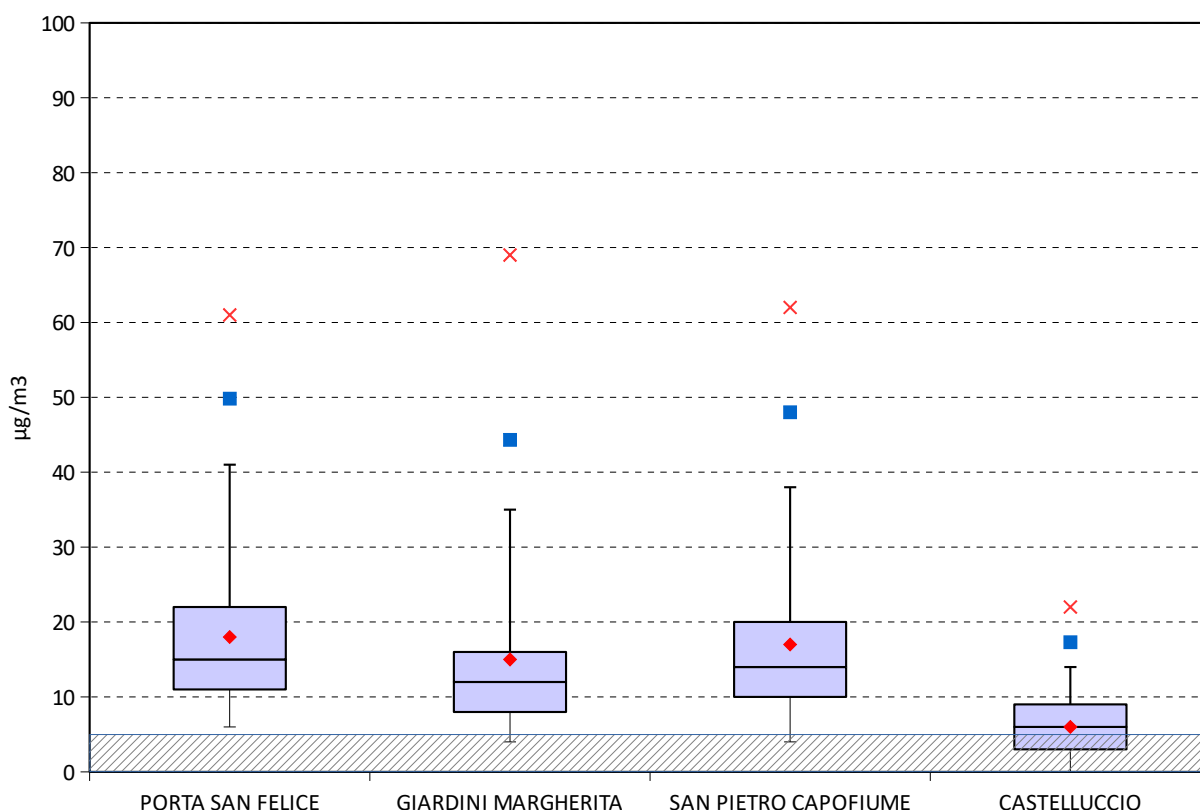


Figura 26 - PM_{2.5} : Box Plot delle statistiche annuali 2018

Le concentrazioni medie annue risultano nel 2018 significativamente inferiori al valore limite di 25 µg/m³, in tutte le postazioni presenti sul territorio metropolitano.

In Figura 26 il box plot illustra per le stazioni di Pianura e Agglomerato una distribuzione dei dati molto simile, favorita dalle caratteristiche chimico fisiche del PM_{2.5}. Come già visto per il particolato PM₁₀ anche in questo caso Castelluccio ha un comportamento a sé stante.

In Tabella 23 e in Figura 27 vengono raccolte le medie mensili dei valori di concentrazione del particolato PM_{2.5} per l'anno 2018, che raggiungono i valori più elevati in autunno e in inverno.

PM _{2.5} (µg/m ³) – medie mensili anno 2018												
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
PORTA SAN FELICE	31	20	17	13	12	9	13	13	13	22	22	31
GIARDINI MARGHERITA	30	19		10	10	7	11	10	10	18	15	23
SAN PIETRO CAPOFUME	27	17	17	11	12	9	11	12	14	21	17	31
CASTELLUCCIO	<5			7	6	5	7	8	6	8	5	<5

■ percentuale di dati validi inferiore al 90% ■ percentuale di dati validi inferiore al 75%

Tabella 23 - PM_{2.5} Concentrazioni medie mensili 2018

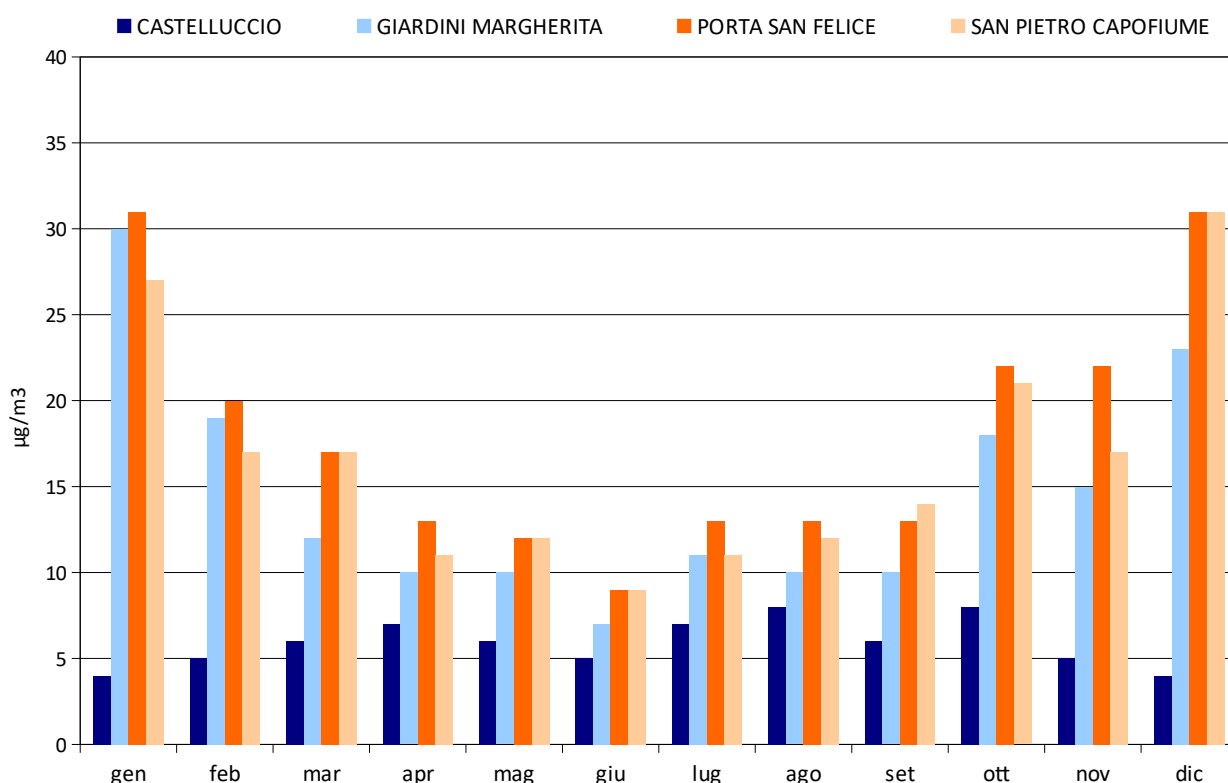


Figura 27 - PM_{2.5}: Andamento temporale delle medie mensili - 2018

Un altro aspetto interessante è il confronto tra i valori medi mensili di PM_{2.5} e PM₁₀, in particolare l'andamento mensile dei rapporti percentuali che può fornire indicazioni sulle relazioni tra le due frazioni di particolato nei vari periodi stagionali nei diversi siti di misura.

Il rapporto PM_{2.5}/PM₁₀ presenta infatti una variabilità che dipende da fattori stagionali.

I minimi sono misurati in estate, quando aumentano i fenomeni di sospensione e di trasporto a lunga distanza di particelle per la frazione grossolana.

I massimi sono misurati in inverno, quando diventa più rilevante il ristagno e l'accumulo delle particelle fini originate dai processi di combustione per la maggiore stabilità verticale dell'aria.

L'andamento mensile dei rapporti percentuali nel 2018 (Figura 28) mostra un comportamento simile tra i siti anche se con valori diversi, comunque più elevati nei mesi invernali e nelle stazioni di pianura. Il rapporto PM_{2.5}/PM₁₀ è variato a Porta San Felice da un minimo del 52% nel mese di aprile ad un massimo del 86% a dicembre, egualmente a San Pietro Capofiume con un minimo del 55% nel mese di aprile e un massimo del 86% nel mese di dicembre.

Nella postazione di Giardini Margherita si ha un minimo del 50% nel mese di aprile e un massimo del 90% nel mese di febbraio. Il rapporto PM_{2.5}/PM₁₀ relativo alla stazione di Castelluccio, ha raggiunto il minimo nel trimestre primaverile (50%) ed il valore massimo a gennaio e dicembre (67%).

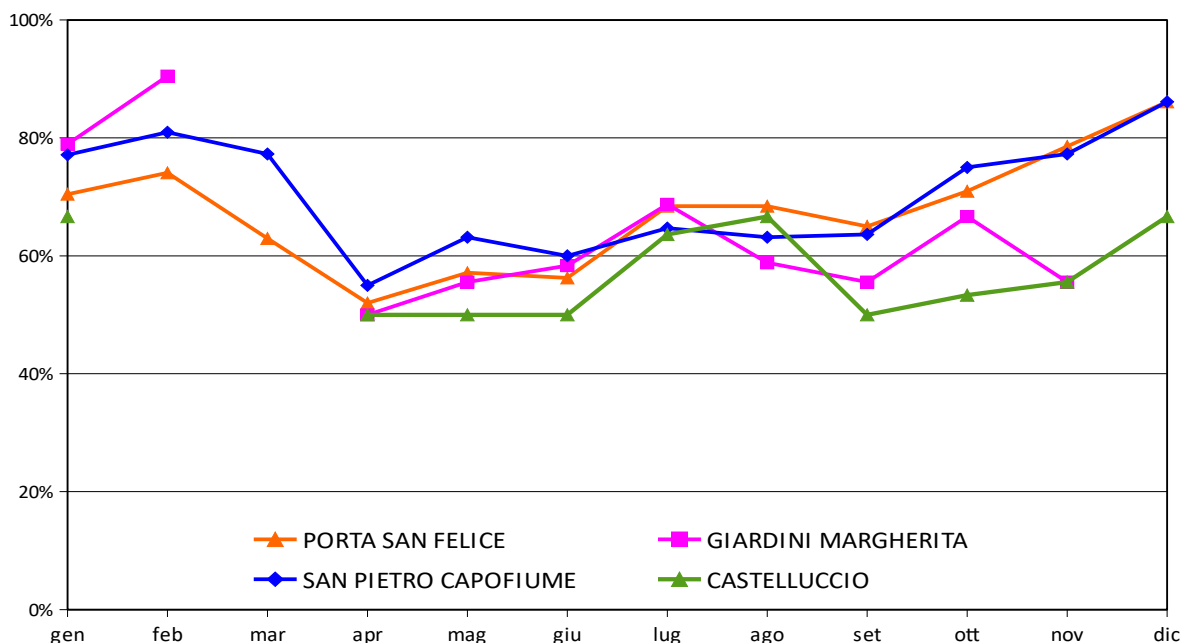


Figura 28 - Rapporto PM_{2.5}/PM₁₀ : medie mensili 2018

Nel grafico di Figura 29 e nella Tabella 24 si riportano le serie storiche delle medie annuali di PM_{2.5} per le stazioni attive. Tale parametro viene monitorato nelle stazioni di Porta San Felice e di San Pietro Capofiume per tutti gli anni considerati. Dall'inizio del 2009 nella stazione di Giardini Margherita e a partire dal 2012 nella stazione di Castelluccio.

Si può rilevare un andamento più continuo rispetto al PM₁₀ anche se tendenzialmente in diminuzione nel lungo periodo. Il rispetto del valore limite annuale (25 µg/m³) si è consolidato a partire dal 2008.

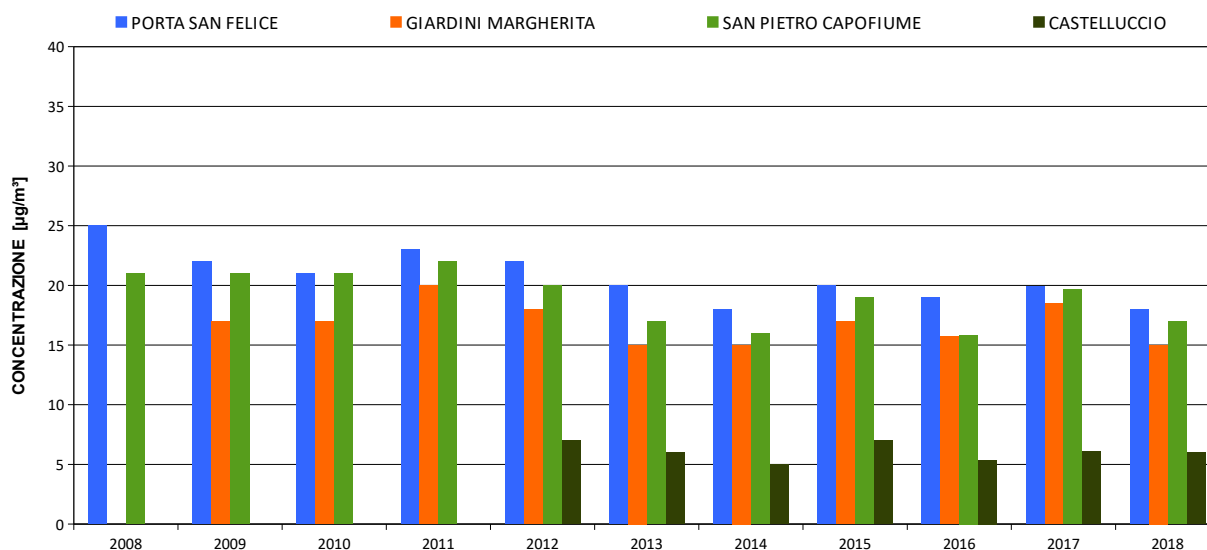


Figura 29 - PM_{2.5} Confronto medie annuali 2008-2018

PM _{2.5} (µg/m ³) – Medie annuali 2008 – 2018											
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PORTA SAN FELICE	25	22	21	23	22	20	18	20	19	20	18
GIARDINI MARGHERITA	-	17	17	20	18	15	15	17	16	18	15
SAN PIETRO CAPOFIUME	21	21	21	22	20	17	16	19	16	20	17
CASTELLUCCIO	-	-	-	-	7	6	5	7	5	6	6

- analizzatore non attivo

Tabella 24 - PM_{2.5}: Andamento temporale delle medie annuali

MONOSSIDO DI CARBONIO - CO

Che cos'è

Il monossido di carbonio (CO) è un inquinante gassoso primario derivante dalla combustione; è incolore e inodore. Si forma durante la combustione in condizioni di difetto d'aria, ovvero quando il quantitativo di ossigeno non è sufficiente per ossidare completamente le sostanze organiche. Poiché il CO ha una affinità per l'emoglobina superiore a quella dell'ossigeno, già a concentrazioni nel sangue pari al 10% si possono manifestare ipossia, emicrania, stanchezza e difficoltà respiratorie.

Come si origina

La principale sorgente di CO è rappresentata dal traffico veicolare (circa l'80% delle emissioni a livello mondiale), essendo presente, in particolare, nei veicoli a benzina. La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente connessa alle condizioni di funzionamento del motore: si registrano concentrazioni nelle condizioni tipiche del 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.

CO anno 2018 – Concentrazioni in mg/m ³								
Stazione	N. dati validi	MIN	50°	MEDIA	90°	95°	98°	MAX
PORTA SAN FELICE	8501	<0,6	0,6	0,7	1,0	1,2	1,4	3,1
DE AMICIS	8528	<0,6	<0,6	<0,6	0,8	0,9	1	1,6

Tabella 25 - Monossido di carbonio: Parametri statistici - anno 2017

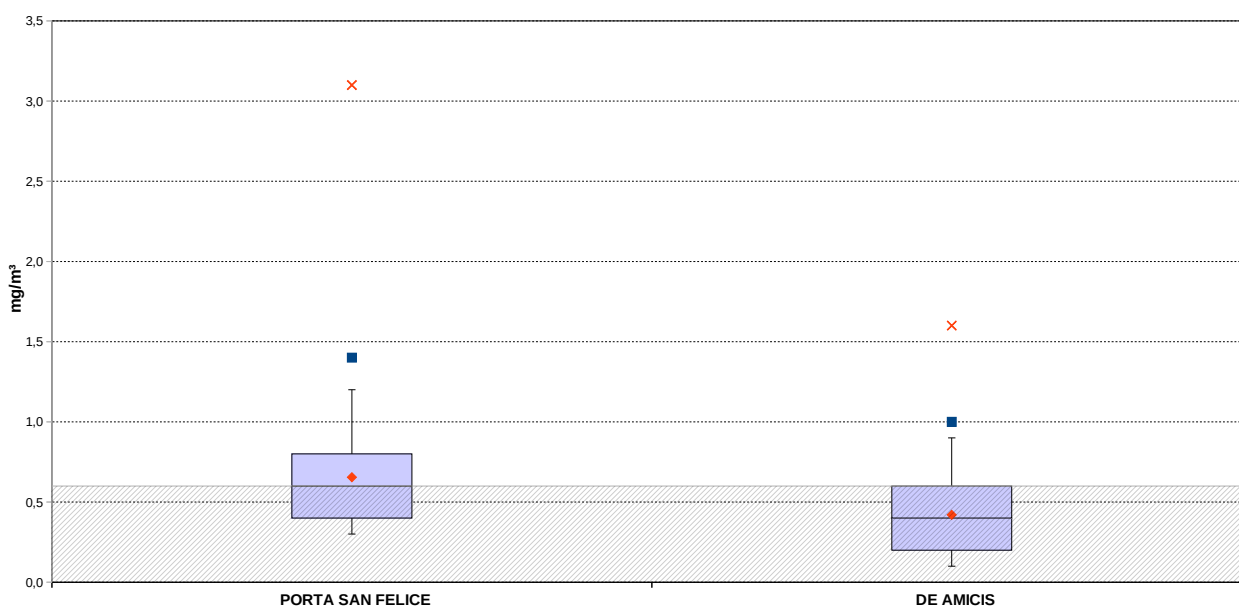


Figura 30 - CO : Box Plot delle statistiche annuali 2018

Il box plot (figura 30) evidenzia per De Amicis una distribuzione più compatta dei valori rispetto a quelli di Porta San Felice; infatti mentre per la stazione situata a Imola la gran parte dei valori risulta entro il limite di quantificazione, per la stazione di Bologna i valori sono maggiormente distribuiti tra l'area sotto al limite di quantificazione e quella sopra allo stesso.

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 stabilisce per il monossido di carbonio un valore limite pari a 10 mg/m³ come massima concentrazione media giornaliera su 8 ore.

Il valore limite di 10 mg/m³ fissato dalla normativa non è mai stato superato nel 2018 in nessuna delle due postazioni di misura, con concentrazioni di CO nettamente inferiori, di uno o due ordini di grandezza, rispetto al valore limite. Per tale ragione la configurazione della rete di monitoraggio prevede la rilevazione di questo inquinante solo nelle stazioni da traffico, ovvero dove più alta si presume sia la sua concentrazione.

Le concentrazioni medie mensili (Figura 31 e Tabella 26) presentano valori molto bassi lungo tutto l'anno, di circa un ordine di grandezza inferiori al limite e sostanzialmente più bassi nei mesi centrali dell'anno. Le concentrazioni registrate a Porta San Felice sono sempre superiori rispetto a quelle di De Amicis.

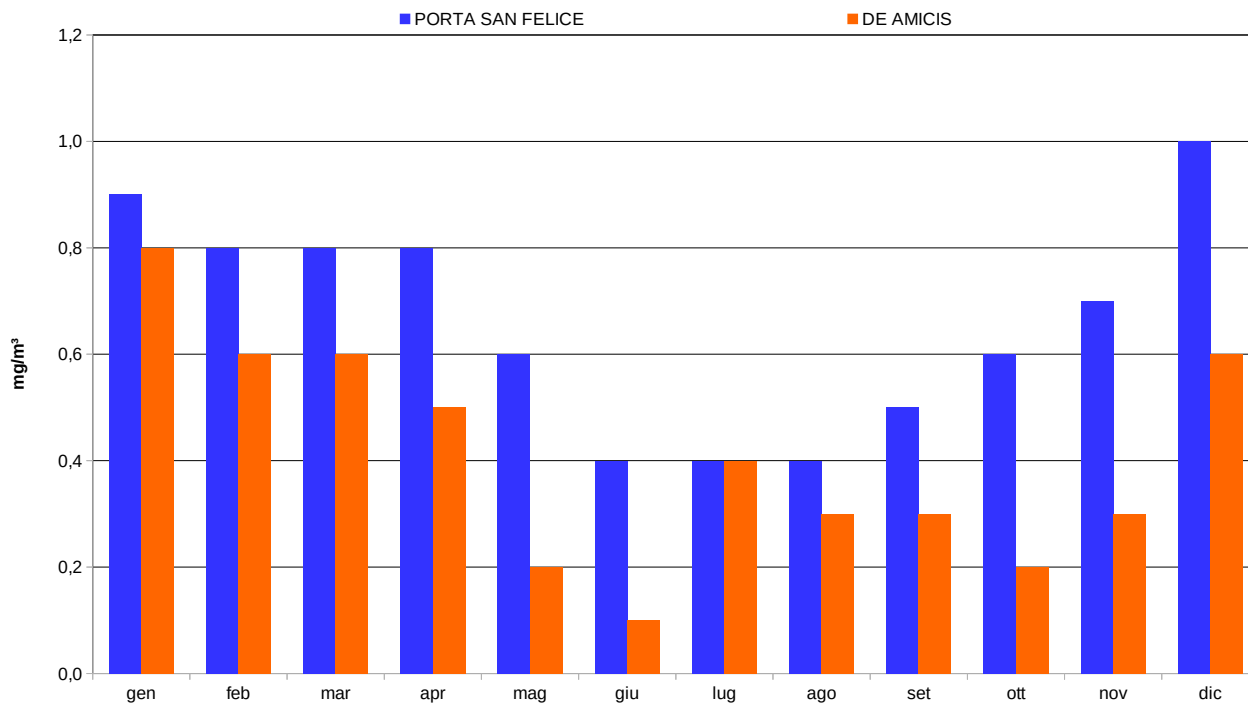


Figura 31 - CO Concentrazioni medie mensili 2018

CO (mg/m³) – medie mensili anno 2018												
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
PORTA SAN FELICE	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	0,6	0,7	1,0
DE AMICIS	0,8	0,6	0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	0,6

percentuale di dati validi inferiore al 90%

percentuale di dati validi inferiore al 75%

Tabella 26 - CO Concentrazioni medie mensili 2018

L'analisi dei dati medi delle serie storiche annuali (tabella 27) e l'andamento temporale delle medie annuali (figura 32) mostrano, dal 2011 sulla stazione di De Amicis valori inferiori al limite di quantificazione mentre, sulla stazione di Porta san Felice valori appena superiori al limite di quantificazione.

In entrambi i casi i valori si collocano intorno ad una media molto lontana dal limite legislativo, analogamente a quanto rilevato su tutto il territorio regionale.

CO (mg/m ³) – Medie annuali 2008 – 2018											
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PORTA SAN FELICE	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	<0,6	0,8	0,6	0,7	0,7
DE AMICIS	0,7	0,6	0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6

Tabella 27 - CO confronto medie annuali 2008-2018

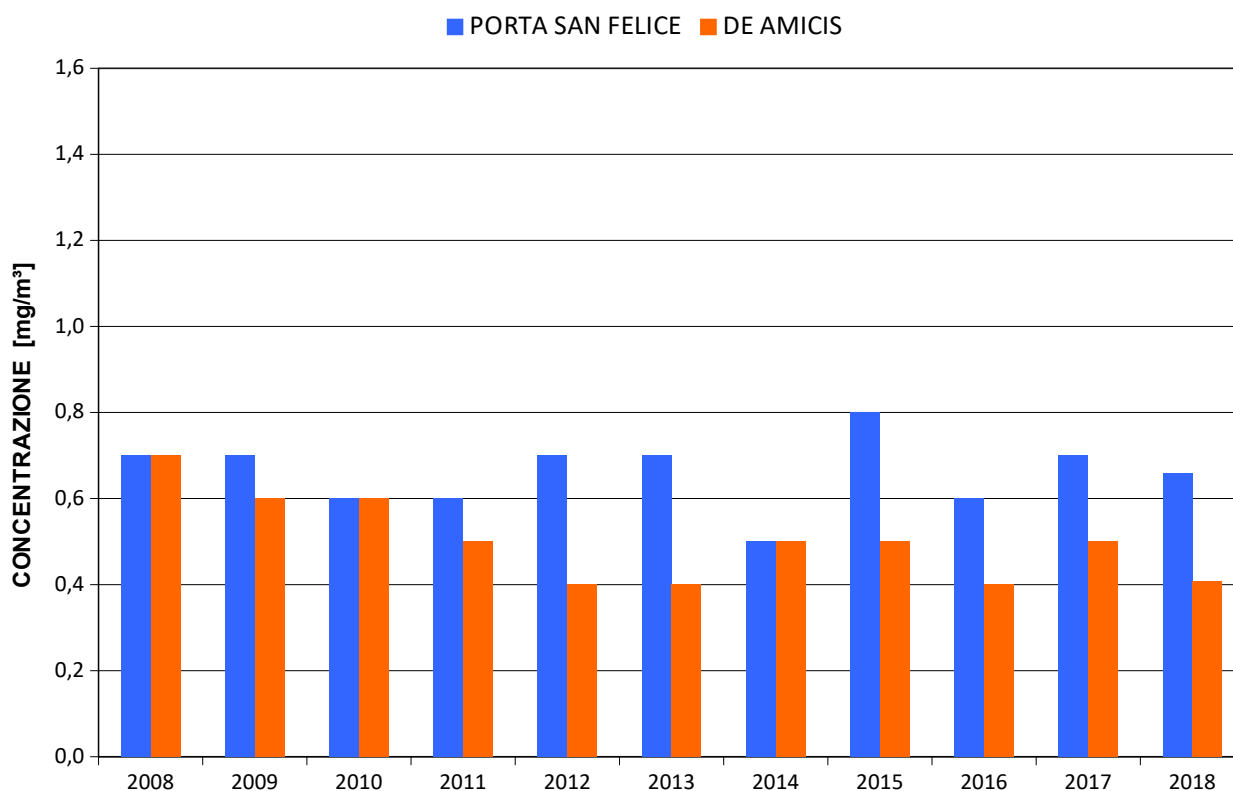


Figura 32 - CO Andamento temporale delle medie annuali

BENZENE - C₆H₆

Che cos'è

Il benzene è un composto organico volatile, incolore e dal caratteristico odore aromatico pungente. L'effetto più noto dell'esposizione cronica riguarda la potenziale cancerogenicità del benzene sul sistema emopoietico (cioè sul sangue). 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.

Come si origina

In passato il benzene è stato ampiamente utilizzato come solvente in molteplici attività industriali e artigianali. La maggior parte del benzene oggi prodotto (85%) trova impiego nella chimica come materia prima per numerosi composti secondari. 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 dei composti del piombo.

C ₆ H ₆ anno 2018 – Concentrazioni in µg/m ³								
Stazione	N. dati validi	MIN	50°	MEDIA	90°	95°	98°	MAX
PORTA SAN FELICE	7711	<0,5	1,2	1,4	2,6	3,0	3,7	10,2
DE AMICIS	8388	<0,5	0,5	0,8	1,8	2,3	2,8	4,9
VALORE LIMITE		<i>Media annuale</i>		5,0 µg/m³				

Tabella 27 - Benzene: Parametri statistici e confronto coi limiti di legge - anno 2018

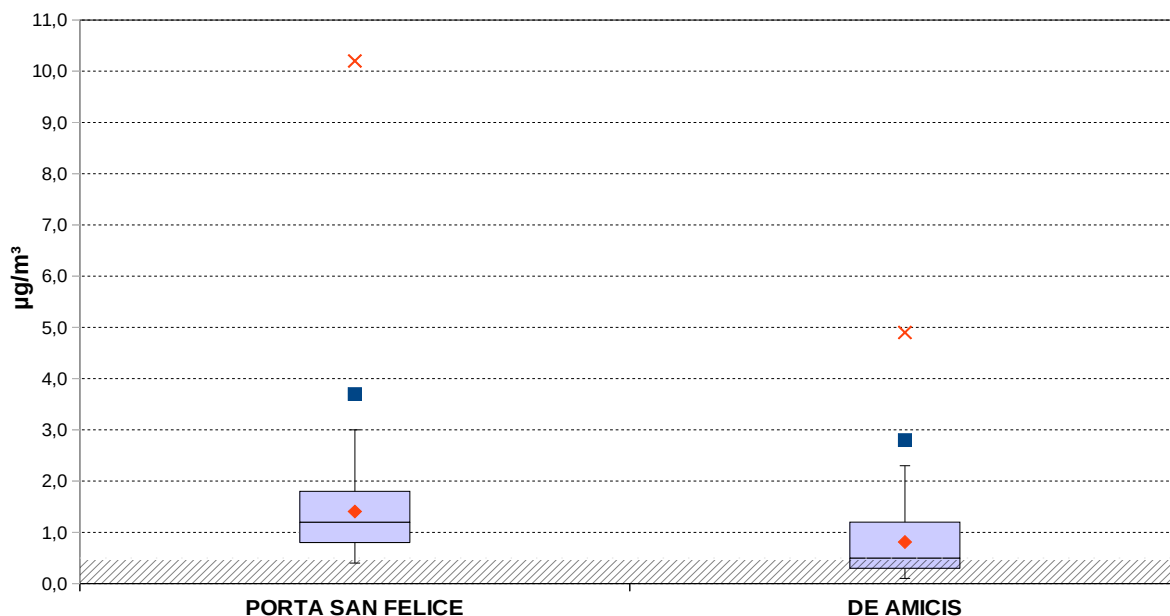


Figura 32 - C₆H₆ : Box Plot delle statistiche annuali 2018

Come presentato in Tabella 27, i valori medi annuali misurati presso entrambe le stazioni da traffico risultano significativamente inferiori al valore limite di 5 µg/m³.

La distribuzione dei dati della stazione di Porta San Felice (Figura 32) presenta, con valori, entro il 98° percentile, inferiori al limite annuale.

La stazione di Imola De Amicis presenta rispetto a quella di Bologna una distribuzione dei dati più raccolta e completamente al di sotto del limite normativo.

Nel grafico di Figura 33 sono riportate le concentrazioni medie mensili.

Le concentrazioni di Porta San Felice risultano più elevate nei mesi invernali di gennaio e dicembre, raggiungendo il valore massimo di 2,3 µg/m³ a gennaio.

Anche in viale De Amicis si presentano valori massimi a gennaio e a dicembre, entrambi pari a 1,7 µg/m³, che tuttavia risultano sempre sensibilmente inferiori a quelli di Porta San Felice.

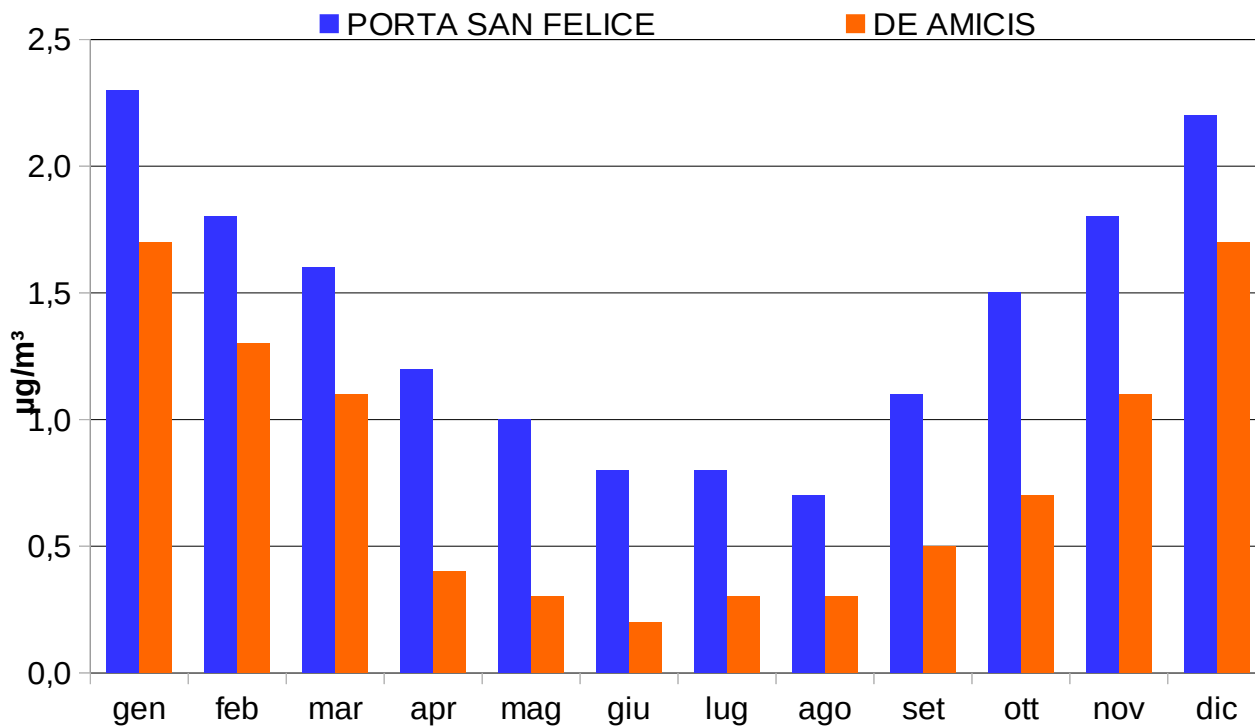


Figura 33 - C₆H₆ Concentrazioni medie mensili 2018

C ₆ H ₆ (µg/m ³) – medie mensili anno 2018												
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
PORTA SAN FELICE	2,3	1,8	1,6	1,2	1,0	0,8	0,8	0,7	1,1	1,5	1,8	2,2
DE AMICIS	1,7	1,3	1,1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	0,7	1,1	1,7

percentuale di dati inferiore al 90%

percentuale di dati inferiore al 75%

Tabella 28 - C₆H₆ Concentrazioni medie mensili 2018

I grafici successivi (Figura 34) illustrano il giorno tipo invernale ed estivo per le due stazioni considerate. Gli andamenti evidenziano massimi orari nelle ore di punta del traffico diurne e serali; più accentuati d'inverno e più evidenti nella stazione di Porta San Felice.

In estate i valori diminuiscono in entrambe le stazioni presentando un andamento più costante durante l'arco della giornata.

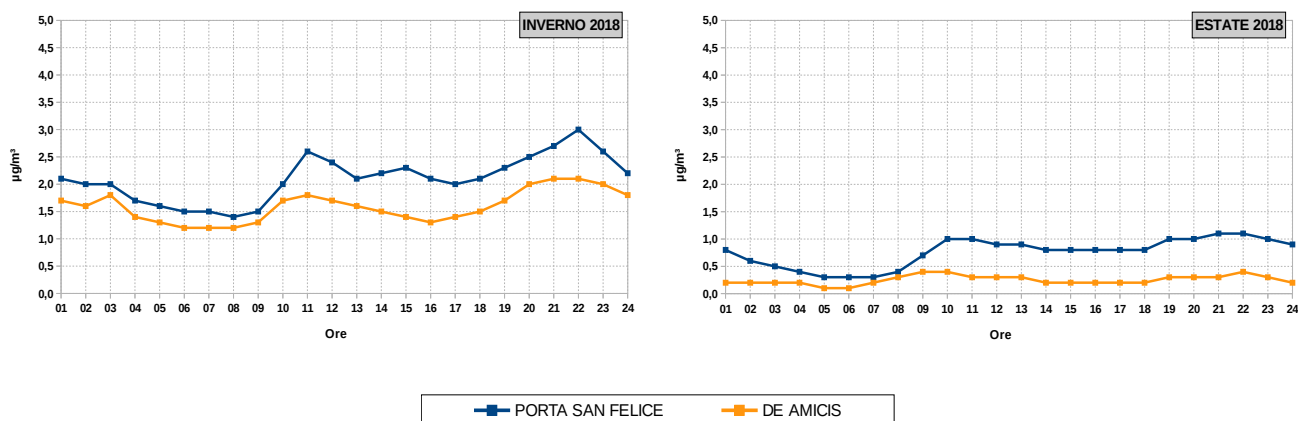


Figura 34 - Stazioni da traffico, C₆H₆: giorno tipico invernale ed estivo

Dai dati rilevati nella stazione urbana da traffico di Porta San Felice dal 2008 al 2018 (Figura 35 e Tabella 29) emerge una tendenza alla riduzione della concentrazione media annuale, con due periodi (dal 2012 al 2015 e dal 2016 al 2018) caratterizzati da medie annuali sostanzialmente stabili. Va comunque sottolineato che dal 2012 al 2015 le medie si posizionano su valori pari a circa 1,7 µg/m³ mentre a partire dal 2016 sono pari a 1,4 µg/m³.

Nella stazione urbana da traffico di Imola viale De Amicis si registra per l'anno 2018 una concentrazione media annua pari a 0,8 µg/m³, che risulta essere la più bassa di tutta la serie storica a fare corso dal 2012. Nel complesso l'andamento delle medie annuali di entrambe le stazioni considerate evidenzia una diminuzione della criticità di questo parametro.

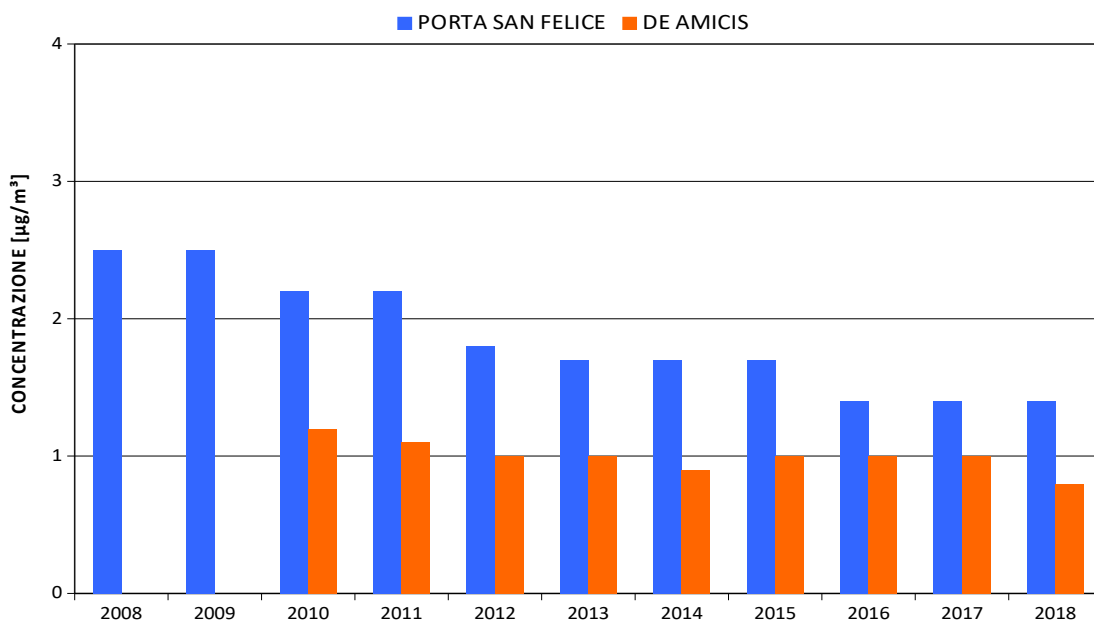


Figura 35 - C₆H₆ Confronto medie annuali 2008-2018

C ₆ H ₆ (µg/m ³) – Medie annuali 2008 – 2018											
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PORTA SAN FELICE	2,5	2,5	2,2	2,2	1,8	1,7	1,7	1,7	1,4	1,4	1,4
DE AMICIS	-	-	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,8

- analizzatore non attivo

percentuale di dati validi inferiore al 90%

Tabella 29 - C₆H₆: Andamento temporale delle medie annuali

ANALISI SUL PARTICOLATO

Il particolato PM₁₀, campionato attraverso appositi filtri utilizzati dalla strumentazione per la misurazione in automatico delle polveri, viene periodicamente sottoposto ad analisi chimica per la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e di alcuni elementi.

Per la loro rilevanza tossicologica, il D.Lgs. 155/2010 richiede la misurazione del cosiddetto "profilo IPA" ovvero delle seguenti sette specie chimiche:

- benzo(a)pirene,
- benzo(a)antracene,
- benzo(b)fluorantene,
- benzo(j)fluorantene,
- benzo(k)fluorantene,
- indeno(1,2,3,c-d)pirene,
- dibenzo(a,h)antracene.

Il decreto definisce un valore obiettivo per il solo benzo(a)pirene, la cui concentrazione viene utilizzata come indice del potenziale cancerogeno degli IPA totali. Tale valore, riferito al tenore totale dell'inquinante presente nella frazione di particolato PM₁₀, calcolato come media su un anno civile, è pari ad 1 ng/m³.

Il D.Lgs. 155/2010 indica inoltre per arsenico, cadmio e nichel i valori obiettivo rispettivamente di 6 ng/m³, di 5 ng/m³ e di 20 ng/m³ e per il piombo il valore limite di 0.5 µg/m³, come media su un anno civile.

In conformità a quanto richiesto dalla norma quindi vengono condotte analisi con frequenza mensile sui filtri campionati:

- nella stazione urbana da traffico di Porta San Felice, nella stazione di fondo rurale di San Pietro Capofiume e nella stazione di fondo urbano Giardini Margherita, per la valutazione delle concentrazioni di IPA in aria ambiente;
- nella postazione urbana di fondo di Giardini Margherita a Bologna, per le determinazioni di Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI - IPA

Che cosa sono

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) costituiscono un numeroso gruppo di composti organici formati da 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, che ha una struttura con cinque anelli aromatici condensati. È una delle prime sostanze delle quali si è accertata la cancerogenicità ed è stata utilizzata come indicatore dell'intera classe di composti policiclici aromatici.

Come si originano

Gli idrocarburi policiclici aromatici sono contenuti nel carbone e nei prodotti petroliferi (particolarmente nel gasolio e negli oli combustibili). Essi vengono emessi in atmosfera come residui di combustioni incomplete in alcune attività industriali (cokerie, produzione e lavorazione grafite, trattamento del carbon fossile) e dagli impianti di riscaldamento (alimentati con combustibili solidi e liquidi pesanti); inoltre sono presenti nelle emissioni degli autoveicoli (sia diesel, che benzina). In generale l'emissione di IPA nell'ambiente risulta molto variabile a seconda del tipo di sorgente, del tipo di combustibile e della qualità della combustione. La presenza di questi composti nei gas di scarico degli autoveicoli è dovuta sia alla frazione presente come tale nel carburante, sia alla frazione che per pirosintesi ha origine durante il processo di combustione.

Benzo(a)pirene anno 2018 - Concentrazioni in ng/m ³								
Stazione	N. dati validi	MIN	50°	MEDIA	90°	95°	98°	MAX
PORTA SAN FELICE	12	0,003	0,050	0,182	0,469	0,632	0,744	0,819
GIARDINI MARGHERITA	12	0,003	0,026	0,119	0,344	0,424	0,471	0,502
SAN PIETRO CAPOFIUME	12	0,003	0,029	0,189	0,523	0,719	0,845	0,929

LIMITE NORMATIVO	Media annuale	1,0	ng/m ³
------------------	---------------	-----	-------------------

Tabella 30 - Benzo(a)Pirene: Parametri statistici e confronto coi limiti di legge

Dall'analisi della Tabella 30 emerge come i valori medi annuali di benzo(a)pirene per il 2018 risultino di un ordine di grandezza inferiori al limite normativo.

Nelle tabelle e nei grafici che seguono sono riportate le concentrazioni medie dei diversi IPA, sia per i periodi mensili (Tabella 31 e Figura 36) sia per l'intero anno 2018 (Tabella 32 e Figura 37), relative alle stazioni di riferimento.

L'analisi delle concentrazioni mensili (Tabella 31 e Figura 36) mostra la stagionalità dell'andamento dei valori, evidenziando le concentrazioni massime raggiunte nel mese di dicembre in tutte le stazioni, con il picco registrato a San Pietro Capofiume.

Benzo(a)Pirene (ng/m ³) – medie mensili anno 2018												
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
PORTA SAN FELICE	0,479	0,375	0,189	0,062	0,038	0,017	0,014	0,006	0,025	0,003	0,163	0,819
GIARDINI MARGHERITA	0,361	0,186	0,148	0,033	0,019	0,003	0,003	0,003	0,010	0,018	0,144	0,502
SAN PIETRO CAPOFIUME	0,547	0,309	0,171	0,040	0,015	0,003	0,007	0,018	0,014	0,016	0,198	0,929

Tabella 31 - Benzo(a)Pirene: Concentrazioni medie mensili 2018

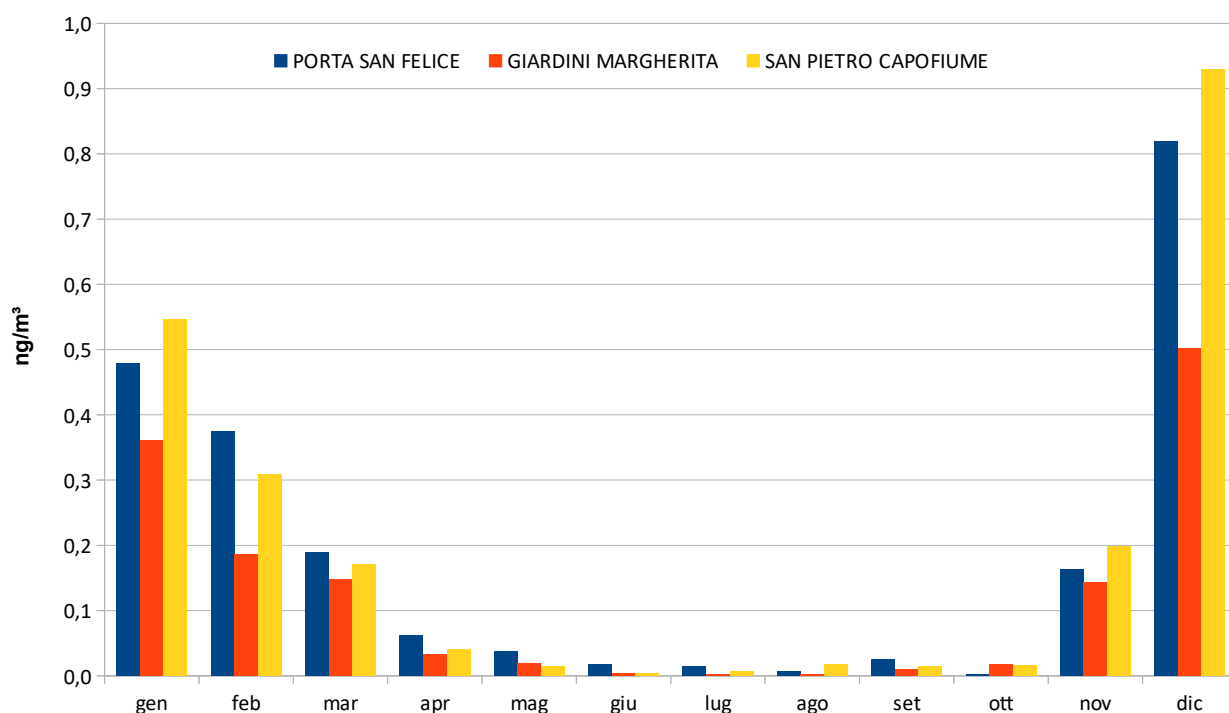


Figura 36 - Benzo(a)Pirene: Concentrazioni medie mensili 2018 (ng/m³)

IPA di interesse sanitario (D.Lgs 155/2010) [ng/m ³] – medie anno 2018						
STAZIONE	Benzo(a) Pirene	Benzo(a) Antracene	Benzo(b)+(j) Fluorantene	Benzo(k) Fluorantene	Indeno(1,2,3,c,d,) Pirene	Dibenzo(ac)+(ah) Antracene
PORTA SAN FELICE	0,181	0,236	0,508	0,143	0,278	0,029
GIARDINI MARGHERITA	0,107	0,099	0,330	0,092	0,171	0,018
SAN PIETRO CAPOFIUME	0,189	0,172	0,462	0,134	0,252	0,024

Tabella 32 - IPA: Concentrazioni medie annuali (ng/m³) 2018

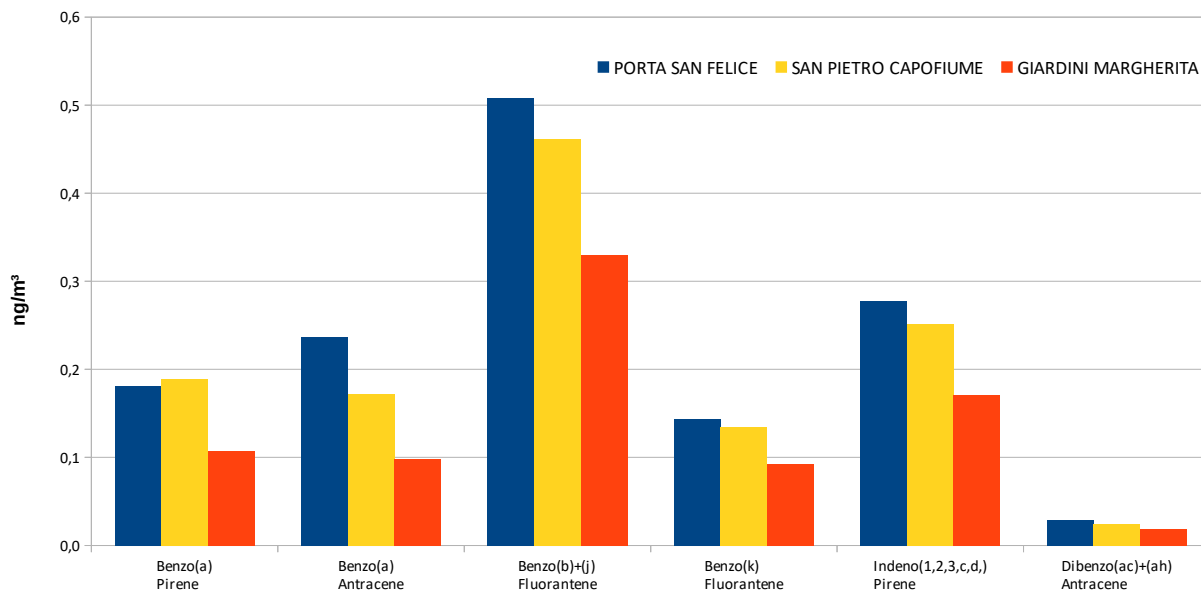


Figura 37 - IPA: Concentrazioni medie annuali (ng/m³) 2018

In Tabella 34 e in Figura 38 è infine riportata la serie delle medie annuali, espresse in ng/m³, disponibile dal 2009. Si può notare come tutte le concentrazioni riportate siano largamente inferiori al valore obiettivo.

Benzo(a)Pirene - Medie annuali 2009-2018 in ng/m3										
Stazione	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PORTA SAN FELICE	0,13	0,16	0,28	0,20	0,24	0,13	0,11	0,22	0,20	0,18
GIARDINI MARGHERITA	-	0,08	0,12	0,23	0,17	0,12	0,18	0,13	0,15	0,11
SAN PIETRO CAPOFIUME	0,19	0,19	0,28	0,17	0,15	0,08	0,08	0,20	0,29	0,19

Tabella 34 - Benzo(a)Pirene: Andamento temporale delle medie annuali

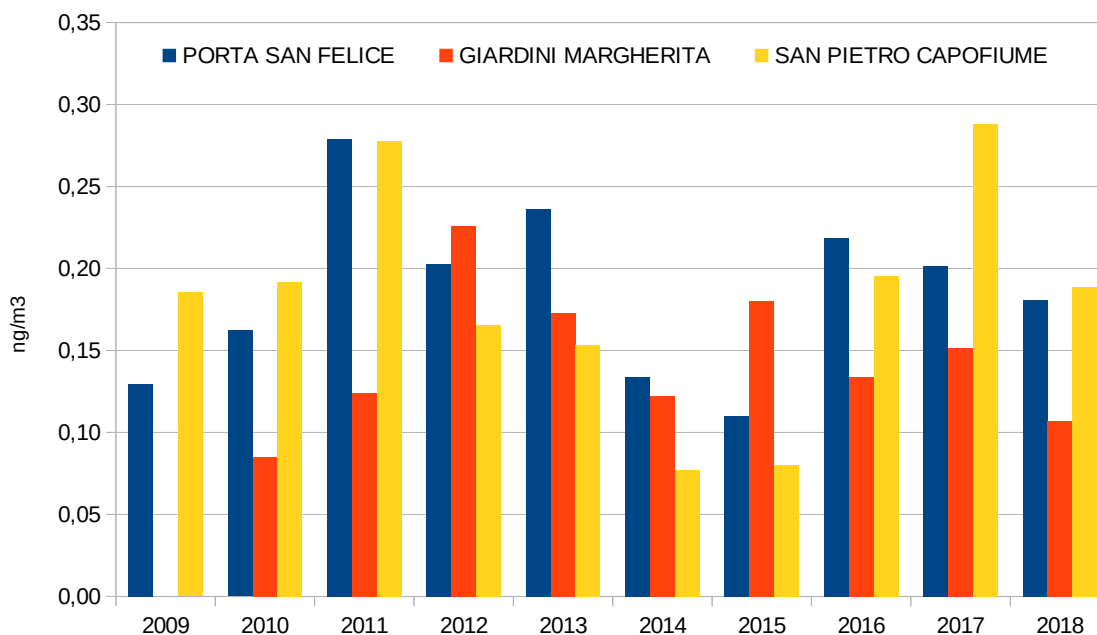


Figura 38 - Benzo(a)Pirene: Concentrazioni medie annuali (ng/m³)

ARSENICO, CADMIO, NICHEL, PIOMBO

Che cosa sono

Nel particolato atmosferico sono presenti elementi di varia natura. Oggetto di monitoraggio, in quanto maggiormente rilevanti sotto il profilo tossicologico, sono il nichel (Ni), il cadmio (Cd), il piombo (Pb) e l'arsenico (As). I composti del nichel, del cadmio e dell'arsenico sono classificati, dalla 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.

Come si originano

Gli elementi presenti nel particolato atmosferico provengono da una molteplice varietà di fonti: il cadmio è originato prevalentemente da processi industriali; il nichel proviene da alcuni processi di combustione; il piombo dalle emissioni autoveicolari; l'arsenico deriva principalmente dalla combustione di carbone e derivati del petrolio. In particolare, il piombo di provenienza autoveicolare era emesso quasi esclusivamente da motori a benzina, nei quali era contenuto sotto forma di piombo tetraetile e/o tetrametile con funzioni di antidetonante. L'adozione generalizzata della benzina "verde" (0,013 g/l di Pb) dall'1 gennaio 2002 ha portato però ad una riduzione delle emissioni di piombo del 97%; di conseguenza è divenuto praticamente trascurabile il contributo della circolazione autoveicolare alla concentrazione in aria di questo metallo.

Di seguito vengono riportati in tabella e grafico, per l'anno 2018, i valori di concentrazione media mensile rilevati sul particolato di Giardini Margherita relativi ad Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo (Tabella 35 e Figura 39).

Giardini Margherita – Concentrazioni medie mensili in ng/m ³												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Arsenico	0,506	0,285	0,214	0,199	0,214	0,199	0,193	0,193	0,206	0,416	0,206	0,285
Cadmio	0,164	0,057	0,043	0,040	0,043	0,040	0,038	0,038	0,041	0,129	0,107	0,117
Nichel	0,772	1,139	0,854	0,798	0,854	1,650	3,009	1,833	0,825	0,772	0,825	2,411
Piombo	5,943	2,712	2,773	2,041	2,122	1,304	1,460	1,824	1,574	4,443	3,558	3,632

Tabella 35 - As, Cd, Ni, Pb: Andamento medie mensili anno 2018

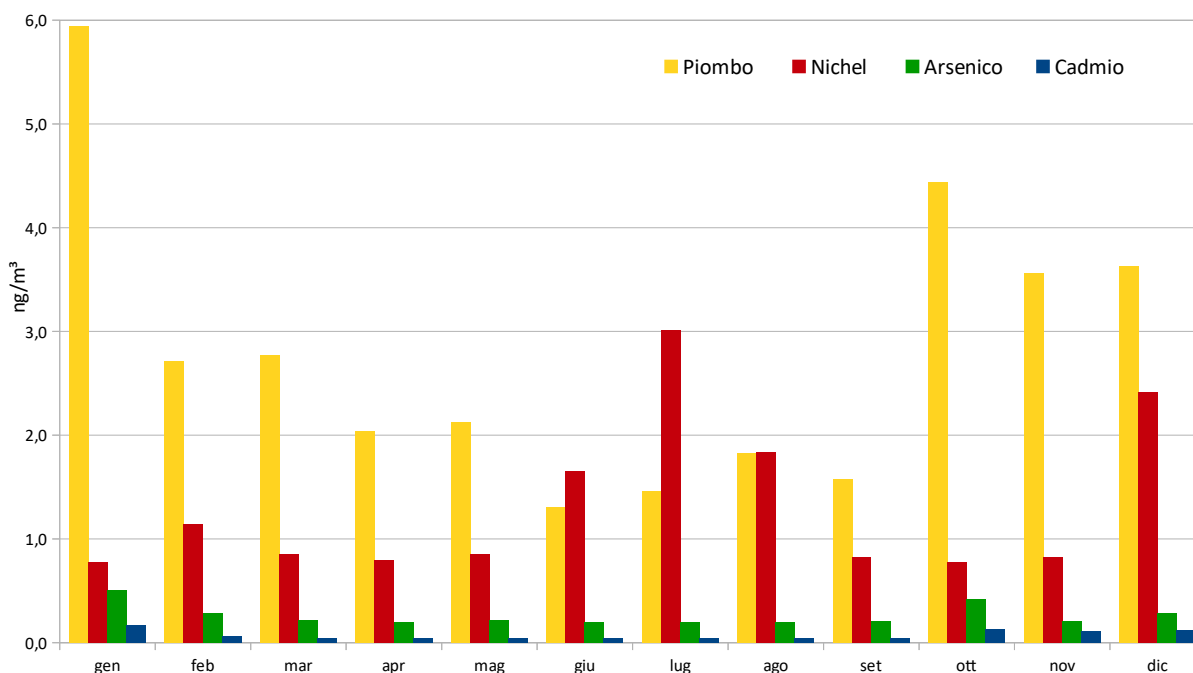


Figura 39 - Metalli: Concentrazioni medie mensili (ng/m³) - Giardini Margherita 2018

L'analisi dei grafici permette di osservare un'influenza della stagionalità nei livelli di concentrazione misurati, con una tendenza ad una maggior presenza di tutti gli elementi nel periodo invernale. I valori di

concentrazione si mantengono comunque sempre abbondantemente al di sotto dei valori obiettivo previsti dalla normativa.

In Tabella 36 e Figura 40 è infine riportato l'andamento temporale delle medie annuali a partire dal 2010. Tutte le concentrazioni riportate (esprese in nanogrammi per metro cubo) sono largamente inferiori ai rispettivi valori obiettivo e, per il Piombo, al valore limite annuale.

Giardini Margherita - Medie annuali 2010-2018 (ng/m ³)										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Valore obiettivo
Arsenico	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	6
Cadmio	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	5
Nichel	1,3	1,5	1,4	1,1	1,0	1,0	1,5	1,6	1,3	20
										Valore limite
Piombo	5,0	6,4	4,5	3,3	3,4	4,0	4,4	4,3	2,8	500

Tabella 36 - As, Cd, Ni, Pb: Andamento temporale delle medie annuali (ng/m³)

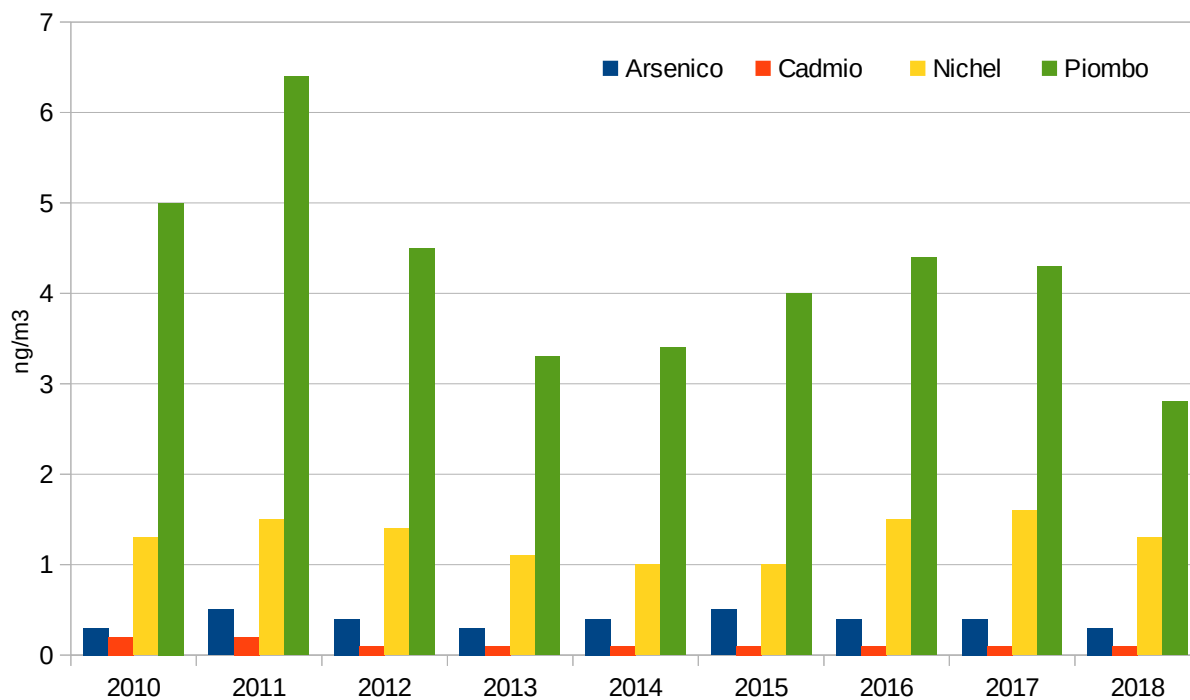


Figura 40 - Metalli: Concentrazioni medie annuali (ng/m³) dal 2010 al 2018

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le condizioni meteorologiche influenzano fortemente l'accumulo e la dispersione degli inquinanti in atmosfera nonché la formazione dei cosiddetti inquinanti secondari.

Il 2018 è stato per quanto riguarda le temperature un anno piuttosto simile al precedente, anche se con qualche anomalia: come nel mese di gennaio più caldo rispetto al 2017 e con temperature sempre sopra lo zero.

L'anno 2018 si è anche caratterizzato climaticamente per un aumento complessivo delle precipitazioni del 20% rispetto all'anno precedente determinato prevalentemente dai contributi dei mesi di febbraio e marzo particolarmente piovosi.

Il numero di giorni meteorologicamente favorevoli all'accumulo di PM_{10} è stato, nel 2018, inferiore al 2017 così come, anche se con poca differenza, il numero di giorni meteorologicamente favorevoli alla formazione di ozono.

Nell'anno in esame, la media annuale di biossido di azoto non rispetta il valore limite di legge ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nella sola stazione di Porta San Felice, mentre il valore limite sulla media oraria di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare per più di 18 ore nel corso di un anno, viene rispettato in tutte le stazioni.

Anche per il 2018 la soglia di allarme di $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non è mai stata raggiunta da nessuna centralina. Questa situazione porta a ritenere che gli episodi acuti legati a concentrazioni orarie elevate di NO_2 , non rappresentino più un elemento di criticità.

Per quanto riguarda il particolato PM_{10} , la situazione è in miglioramento rispetto all'anno precedente; infatti i 35 giorni di superamento del limite giornaliero stabiliti dalla normativa non sono stati superati da nessuna delle stazioni della Città Metropolitana ed anche il limite della media annuale di concentrazione inferiore a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato rispettato da tutte le stazioni.

La stazione che ha registrato il maggior numero di superamenti del limite normativo è stata Porta San Felice con 18 giorni, ed anche la media annuale più elevata è stata quella di Porta San Felice con $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il valore più elevato di concentrazione del PM_{10} nel 2018 è stato di $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrato presso la stazione di fondo urbano di via Chiarini in gennaio.

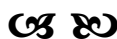
L'ozono è un inquinante secondario a connotazione fortemente stagionale, che si presenta a concentrazioni più elevate nel periodo più caldo dell'anno (tra aprile e settembre).

Non si sono verificati superamenti della soglia di informazione fissata a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$; di conseguenza neppure la soglia di allarme di $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è mai stata superata.

Il numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stato simile sia per le stazioni dell'agglomerato che per quelle della pianura, mentre non si è superato tale limite nella stazione della zona appenninica. Confrontando tali valori con l'anno precedente si è avuto complessivamente un numero minore di superamenti; la media sui tre anni prevista dalla normativa vede ancora le stazioni dell'agglomerato e della pianura superare il numero massimo consentito (non più di 25 volte/anno) con un valore massimo di 45 volte/anno presso le stazioni di via Chiarini e Giardini Margherita a Bologna. In diminuzione i superamenti annui nella stazione di Castelluccio, con una media che dal 2017 al 2018 passa da 9 a 4 superamenti/anno.

Per quanto riguarda il parametro AOT40 relativo alla protezione della vegetazione, anche nel 2018, come negli anni precedenti, risulta superato il valore obiettivo su 5 anni nelle stazioni di Chiarini e San Pietro Capofiume, mentre sul lungo termine, oltre che per le due già citate, il valore obiettivo è superato anche per la stazione di fondo remoto di Castelluccio.

I valori degli altri inquinanti ($PM_{2.5}$, monossido di carbonio, benzene, benzo(a)pirene, arsenico, cadmio, nichel e piombo) sono rimasti entro i limiti di legge in tutte le stazioni di rilevamento.



**Elaborazione a cura dell'Unità Specialistica di Sistemi Ambientali Aria-CEM
Arpae – Area Prevenzione Ambientale Metropolitana (Bologna)**

Responsabile:

Andrea Mecati

Tecnici:

Andrea Aldrovandi

Luca Malaguti

Marco Trepiccione

Pamela Ugolini

Giugno 2019