

Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Forlì-Cesena

Anno 2022



Edizione Giugno 2023

Gli operatori di **ARPAE – Sezione di Forlì-Cesena** che hanno collaborato:

Gestione monitor e postazioni

Paolo Vittori
Silvia Sandrini
Gloria Maresi

Elaborazione dati

Patrizia Luciali
Deborah Valbonetti
Paolo Vittori
Silvia Sandrini
Gloria Maresi
Lidia Bressan

Redazione relazione

Patrizia Luciali
Francesca Liguori
Deborah Valbonetti
Silvia Sandrini
Gloria Maresi

Dal 2005 la Rete Regionale di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA) è certificata ISO 9001:2015 relativamente al processo di monitoraggio, acquisizione e validazione dati.

**SISTEMA DI GESTIONE
QUALITÀ CERTIFICATO**



UNI EN ISO 9001:2015

INDICE

	<i>Pag.</i>
1 - IL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA	1
1.1 Quadro normativo nazionale: limiti e valori di riferimento	1
1.2 Valori guida dell'OMS	4
1.3 Zonizzazione della Regione Emilia Romagna e della Provincia di Forlì-Cesena	6
1.4 Limiti di quantificazione strumentali	7
2 – LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	8
2.1 Configurazione della Rete Regionale	8
2.2 Configurazione della Rete di Forlì-Cesena	8
2.3 Stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) di Forlì-Cesena	11
3 – LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE NEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI RAVENNA, RIMINI E FORLÌ - CESENA	14
3.1 - Gli indicatori meteorologici per lo studio della qualità dell'aria	14
3.2 - Andamento meteorologico del 2022 nella Provincia di Ravenna, Rimini e Forlì-Cesena	16
3.2.1 Temperatura	16
3.2.2 Precipitazioni	18
3.2.3 Intensità e direzione del vento	21
4 - VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI FORLÌ-CESENA	25
4.1 Biossido di Azoto NO ₂ e Ossidi di Azoto NO _x	25
4.2 Ozono O ₃	32
4.3 Benzene C ₆ H ₆	38
4.4 Toluene C ₇ H ₈ e Xileni C ₈ H ₁₀	41
4.5 Particolato PM10	44
4.6 Particolato PM2.5	49

1 . IL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA

1.1 – Quadro normativo nazionale: limiti e valori di riferimento

La normativa di riferimento in materia di qualità dell'aria è il D.Lgs del 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".

In aprile 2017 è stato emanato il decreto «Procedure di garanzia di qualità per verificare il rispetto della qualità delle misure dell'aria ambiente, effettuate nelle stazioni delle reti di misura» (G.U. 26/04/2017, n. 96) che definisce le procedure di garanzia di qualità previste per verificare il rispetto della qualità delle misure dell'aria ambiente e demanda ad ISPRA l'adozione di apposite linee guida per garantire l'applicazione di procedure omogenee in tutto il territorio nazionale.

Il decreto D.Lgs n.155/2010, oltre ad introdurre strumenti per contrastare più efficacemente l'inquinamento atmosferico, fornire una metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione), definisce i valori di riferimento che permettono di valutare la qualità dell'aria, su base annuale, considerando le concentrazioni dei diversi inquinanti.

In particolare, i valori limite e di riferimento per i diversi inquinanti, sono:

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE LIMITE	
Biossido di zolfo	Orario (non più di 24 volte all'anno)	350	µg/m ³
	Giornaliero (non più di 3 volte all'anno)	125	µg/m ³
Biossido di azoto	Orario (per non più di 18 volte all'anno)	200	µg/m ³
	Annuo	40	µg/m ³
Benzene	Annuo	5	µg/m ³
Monossido di carbonio	Media max giornaliera su 8 ore	10	mg/m ³
Particolato PM 10	Giornaliero (non più di 35 volte all'anno)	50	µg/m ³
	Annuo	40	µg/m ³
Particolato PM 2.5	Annuo al 2015	25	µg/m ³
	Annuo - Valore limite indicativo	20	µg/m ³
Piombo	Anno	0.5	µg/m ³

Tabella 1.1 - Valori limite (VL): Livello che non deve essere superato

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	Livelli critici per la vegetazione	
Biossido di zolfo	Annuale	20	µg/m ³
	Invernale (1 ott.- 31 mar.)	20	µg/m ³
Ossidi di azoto (NOx)	Annuo	30	µg/m ³

Tabella 1.2 - Livelli critici per la vegetazione: Livello oltre il quale possono sussistere rischi o danni per ecosistemi e vegetazione, non per gli esseri umani

<i>INQUINANTE</i>	<i>PERIODO DI MEDIAZIONE</i>	<i>Soglia di Allarme</i>	
Biossido di zolfo	Per 3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 km ²	500	µg/m ³
Biossido di azoto	Per 3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 km ²	400	µg/m ³

Tabella 1.3 - Soglie di allarme per biossido di zolfo e di azoto.

Il Decreto mantiene in essere un sistema di sorveglianza dell'inquinamento da ozono su tutto il territorio nazionale, indicando *valori obiettivo*, *obiettivi a lungo termine*, *soglia di informazione* e *soglia di allarme*⁽¹⁾ da perseguire secondo una tempistica stabilita (Tabelle 1.4 e 1.5).

<i>Valori obiettivo</i>			
<i>Finalità</i>	<i>Periodo di mediazione</i>	<i>Valore obiettivo</i>	<i>Data raggiungimento</i> ⁽²⁾
Protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	120 µg/m³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2013 (dati 2010 – 2012)
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽¹⁾ Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	18000 µg/m³h come media su 5 anni	2015 (dati 2010 – 2014)
<i>Obiettivi a lungo termine</i>			
<i>Finalità</i>	<i>Periodo di mediazione</i>	<i>Obiettivo a lungo termine</i>	<i>Data raggiungimento</i> ⁽²⁾
Protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	120 µg/m³	Non definito
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽¹⁾ Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	6000 µg/m³h	Non definito

(1) AOT40 (espresso in µg/m³h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni > 80 µg/m³ e 80 µg/m³ rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale).

(2) Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo / l'obiettivo a lungo termine

Tabella 1.4 – Valori obiettivo e obiettivi a lungo termine per l'ozono.

<i>Finalità</i>	<i>Periodo di mediazione</i>	<i>Soglia</i>
Informazione	1 ora	180 µg/m³
Allarme	1 ora ⁽¹⁾	240 µg/m³

(1) Per l'applicazione dell'art.10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento per tre ore consecutive

Tabella 1.5 – Soglie di informazione e di allarme per l'ozono.

La registrazione del superamento della soglia di informazione o di allarme comporta l'obbligo, per la Regione (art.14 comma 1), di fornire al pubblico informazioni relativamente a:

¹ *Valore Obiettivo*: Livello da conseguire, *ove possibile*, entro una data prestabilita.

Obiettivo a lungo termine: Livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate

Soglia di Allarme: Livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

Soglia di Informazione: Livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana per alcuni gruppi sensibili, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

- superamenti registrati (località, tipo di soglia superata, data, ora di inizio e durata del fenomeno, concentrazione oraria più elevata e concentrazione media più elevata sulle 8 ore);
- previsioni sull'evoluzione del fenomeno con l'indicazione dell'area geografica prevedibilmente interessata dai superamenti;
- informazioni sui settori colpiti della popolazione e sui possibili effetti sulla salute e sulla condotta raccomandata (informazione sui gruppi di popolazione a rischio; descrizione dei sintomi riscontrabili gruppi di popolazione a rischio; precauzioni che i gruppi interessati devono prendere; riferimenti per ottenere ulteriori informazioni);
- informazioni sulle azioni preventive per la riduzione dell'inquinamento e/o per la riduzione dell'esposizione all'inquinamento con l'indicazione dei principali settori cui si riferiscono le fonti e delle azioni raccomandate per la riduzione delle emissioni.

Per assolvere a tali obblighi nel periodo estivo viene pubblicato uno specifico “Bollettino regionale per l'Ozono” consultabile alla pagina <https://apps.arpae.it/qualita-aria/bollettino-ozono/>.

Sempre per facilitare l'informazione e la diffusione dei dati di Qualità dell'aria, Arpae pubblica sul proprio sito web quotidianamente:

- il Bollettino Regionale, cioè le concentrazioni misurate dalle stazioni della rete di controllo della qualità dell'aria installate nel territorio provinciale (consultabile alla pagina: <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/aria/dati-qualita-aria/>);
- le concentrazioni di PM10, PM2.5, Ozono e Biossido di Azoto su scala regionale. (*link*: <https://apps.arpae.it/qualita-aria/bollettino-qa/>)

Il Decreto 155/2010 fissa anche valori obiettivo (riportati in Tabella 1.6) della concentrazione nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene per evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi di tali inquinanti sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso.

Il valore obiettivo del benzo(a)pirene (**1,0 ng/m³**) viene usato come *marker* per il rischio cancerogeno degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

<i>Inquinante</i>	<i>Parametro</i>	<i>Valori Obiettivo</i>
Arsenico	Tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	6,0 ng/m³
Cadmio		5,0 ng/m³
Nichel		20,0 ng/m³
Benzo(a)pirene		1,0 ng/m³

Tabella 1.6 –Valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

La norma suggerisce, in un numero limitato di stazioni, di effettuare, contestualmente al benzo(a)pirene, la misurazione delle concentrazioni nell'aria ambiente di altri 6 IPA: benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e dibenzo(a,h)antracene, al fine di verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il benzo(a)pirene e gli altri idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica.

L'Agenzia per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato, fino ad ora, 48 IPA; la classificazione di alcuni dei composti che più frequentemente si ritrovano nell'aria sono riportati in tabella 1.7, dove sono evidenziati in grigio quelli richiamati dal DLvo 155/2010.

Nome	Classificazione IARC	Nome	Classificazione IARC
benzo[a]pirene	1	dibenzo[a,h]acridine	2B
benzo[a]antracene	2A	dibenzo[a,i]pirene	2B
dibenzo[a,h]antracene	2A	benzo[g,h,i]perilene	3
benzo[b]fluorantene	2B	metilfenantrene	3
benzo[j]fluorantene	2B	crisene	3
benzo[k]fluorantene	2B	antracene	3
indeno[1,2,3-cd]pirene	2B	fluorene	3
5-metil-crisene	2B		

Nota : 1: Cancerogeno 2A: Probabile cancerogeno per l'uomo
2B: Possibile cancerogeno per l'uomo 3: Non classificabile come cancerogeno per l'uomo

Tabella 1.7 – Cancerogenicità dei principali IPA.

1.2 - Valori guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)

Nel 2021 l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha aggiornato le proprie Linee guida (AQG) e ha individuato, per sei inquinanti principali (PM_{2,5}, PM₁₀, ozono, biossido di azoto, biossido di zolfo, monossido di carbonio), i livelli di qualità dell'aria da raggiungere per proteggere la salute umana. I valori guida, cioè le concentrazioni in aria di inquinanti al di sotto delle quali - secondo le evidenze scientifiche disponibili - non sono attesi effetti avversi per la salute, costituiscono, quindi, uno strumento per valutare l'esposizione della popolazione a livelli di inquinanti potenzialmente dannosi per la salute, oltre a fornire un importante riferimento nel fissare gli standard e gli obiettivi normativi, tra cui l'attuale revisione della direttiva europea. L'aggiornamento delle linee guida, si è reso necessario alla luce dei sempre più numerosi studi che dimostrano gli impatti negativi sulla salute provenienti da livelli di inquinamento atmosferico anche bassi.

Con la revisione e l'abbassamento dei limiti, l'OMS intende anche contribuire alla mitigazione del cambiamento climatico: alcuni inquinanti, infatti, come il black carbon e l'ozono troposferico, hanno anche un effetto sul riscaldamento globale.

Rispetto all'ultimo aggiornamento del 2006, le principali modifiche apportate sono:

- PM₁₀: il valore annuale passa da 20 a 15 µg/m³, quello sulle 24 ore da 50 a 45 µg/m³
- PM_{2,5}: il valore annuale passa da 10 a 5 µg/m³, quello sulle 24 ore da 25 a 15 µg/m³
- biossido di azoto: il valore annuale passa da 40 a 10 µg/m³ e viene introdotto un valore sulle 24 ore pari a 25 µg/m³
- ozono: si introduce un valore per il picco stagionale pari a 60 µg/m³
- biossido di zolfo: il valore sulle 24 ore passa da 20 a 40 µg/m³
- monossido di carbonio: si introduce un valore sulle 24 ore pari a 4 µg/m³

Rimangono validi i valori guida o valori di riferimento precedenti che non sono stati modificati nella versione 2021.

Pertanto, i valori guida dell'OMS per la qualità dell'aria risultano (Tabella 1.8):

Sostanza	Valore guida	Tempo di mediazione
	OMS-AQG ⁽¹⁾ – valori guida 2021	
NO ₂	10 µg/m ³	annuale
	200 µg/m ³	1 ora
SO ₂	40 µg/m ³	24 ore
	500 µg/m ³	10 min
O ₃	100 µg/m ³	8 ore
	60 µg/m ³	picco stagionale*
PM ₁₀	15 µg/m ³	annuale
	45 µg/m ³	24 ore
PM _{2.5}	5 µg/m ³	annuale
	15 µg/m ³	24 ore
OMS-AQG – valori guida 2021		
CO	4 mg/m ³	24 ore
	100 mg/m ³	15 min
	35 mg/m ³	1 ora
	10 mg/m ³	8 ore
Toluene	260 µg/m ³	Media settimanale
Xileni	4800 µg/m ³	Media su 24 ore

*media della concentrazione massima giornaliera calcolata su 8 ore nei sei mesi estivi (1° aprile – 30 settembre)

(1) **Air Quality Guidelines**: una serie di raccomandazioni dell'OMS per proteggere la salute dell'uomo dagli effetti negativi provenienti dall'esposizione a sostanze pericolose e inquinanti atmosferici. Inoltre, è uno strumento per le autorità nazionali a gestire e ridurre tali sostanze inquinanti.

Tabella 1.8 - Valori guida della qualità dell'aria indicati dall'OMS (<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>). Solo per gli Xileni il riferimento è WHO: Xylenes, Environmental Health Criteria 190, World Health Organization, Geneva, CH, 1997

L'OMS, per alcuni inquinanti atmosferici ad azione cancerogena (Tabella 1.9), non fornisce un valore guida ma indica l'*indice di rischio unitario* per la popolazione, ovvero il rischio associato alla presenza di tali inquinanti nell'aria a cui è sottoposta la popolazione. La stima dell'incremento di *rischio unitario* (U.R.) è intesa come il rischio addizionale di cancro che può verificarsi in una ipotetica popolazione nella quale tutti gli individui siano continuamente esposti, dalla nascita e per tutto l'intero tempo di vita, ad una concentrazione dell'agente di rischio nell'aria che essi respirano pari ad 1 µg/m³.

Sostanza	Rischio unitario
	Indice di rischio/tempo di vita (µg/m ³) ⁻¹
BENZENE	6 x 10 ⁻⁶
IPA (BaP)	8.7 x 10 ⁻²
NICHEL	3.8 x 10 ⁻⁴
ARSENICO	1.5 x 10 ⁻³
CROMO esavalente	(1.1 ÷ 13) x 10 ⁻²

Tabella 1.9 Indice di rischio unitario (OMS)

1.3 - Zonizzazione della Regione Emilia Romagna e della Provincia di Forlì-Cesena

A norma del D.Lgs 155/2010 la Regione Emilia Romagna ha effettuato la zonizzazione del proprio territorio in aree omogenee ai fini della valutazione della qualità dell'aria ([Delibera della Giunta regionale del 27/12/2011, n. 2001](#)), prevedendo la suddivisione del territorio in un agglomerato (Bologna) ed in tre zone omogenee: la zona “Appennino”, la zona “Pianura Ovest” e la zona “Pianura Est” (Fig.1.1).

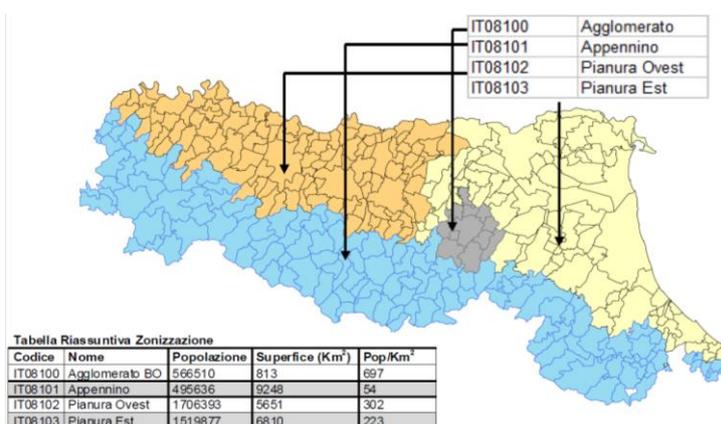


Figura 1.1 – Zonizzazione regionale (DLgs 155/2010 e DGR 2001/2011)

Il territorio della provincia di Forlì-Cesena risulta in parte nella zona “Appennino” ed in parte nella zona “Pianura Est”:

ZONA Pianura EST	Bertinoro, Cesena, Cesenatico, Forlì, Forlimpopoli, Gambettola, Gatteo, Longiano, Meldola, San Mauro Pascoli, Savignano sul Rubicone.
ZONA Appennino	Bagno di Romagna, Borghi, Castrocaro Terme e Terra del Sole, Civitella di Romagna, Dovadola, Galeata, Mercato Saraceno, Modigliana, Montiano, Portico e San Benedetto, Predappio, Premilcuore, Rocca San Casciano, Roncofreddo, Santa Sofia, Sarsina, Sogliano al Rubicone, Tredozio, Verghereto.

Tabella 1.10 – Zonizzazione per la Provincia di Forlì-Cesena (DLgs 155/2010 e DGR 2001/2011)

La Regione ha quindi il compito di effettuare la *valutazione della qualità dell'aria ambiente* (DLgs 155/10 art. 5, Allegato II, Appendice II e Appendice III) e predispone un *piano di qualità dell'aria* con le misure necessarie che, agendo sulle principali sorgenti di emissione che hanno influenza sulla aree di superamento, permettano di raggiungere i valori limite nei termini prescritti.

L'Emilia Romagna, con Delibera di Giunta n. 1180 del 21 luglio 2014, ha adottato la Proposta di Piano Aria Integrato Regionale approvato dalla Assemblea legislativa dell'Emilia-Romagna in aprile 2017 (**PAIR 2020**) e in fase di aggiornamento (PAIR 2030 nel 2023).

1.4 – Limiti di quantificazione strumentali (LdQ)

Il limite di quantificazione è la concentrazione minima alla quale la misura strumentale quantitativa è fornita con ragionevole certezza statistica (predefinita).

I limiti di quantificazione degli analizzatori automatici in uso nella Rete Regionale di Qualità dell'aria sono:

<i>Inquinante</i>	<i>Limite di quantificazione L.Q.</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Espressione utilizzata in caso di valore inferiore a LQ</i>
NO₂	8	µg/m ³	<8
SO₂	10	µg/m ³	<10
O₃	8	µg/m ³	<8
PM₁₀	3	µg/m ³	<3
PM_{2.5}	3	µg/m ³	<3
CO	0,4	mg/m ³	<0,4
Benzene	0,1	µg/m ³	<0,1

2. LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

2.1 – Configurazione della Rete Regionale

La Regione Emilia Romagna ha effettuato, a partire dal 2005, alcune revisioni della configurazione della Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA), per rendere conforme la rete ai nuovi requisiti normativi nazionali e regionali (DLgs 155/2010 e DGR 2001/2011).

L'attuale RRQA, che tiene conto anche della suddivisione del territorio regionale in zone omogenee dal punto di vista della qualità dell'aria, è composta da 47 stazioni di misura (Fig.2.1),

I punti di campionamento sono stati individuati per verificare il rispetto dei valori limite:

- per la protezione della salute umana (*stazioni di Traffico Urbano, Fondo Urbano, Fondo Urbano Residenziale, Fondo Sub Urbano*) e
- per la protezione degli ecosistemi e/o della vegetazione (*Fondo rurale e Fondo remoto*).

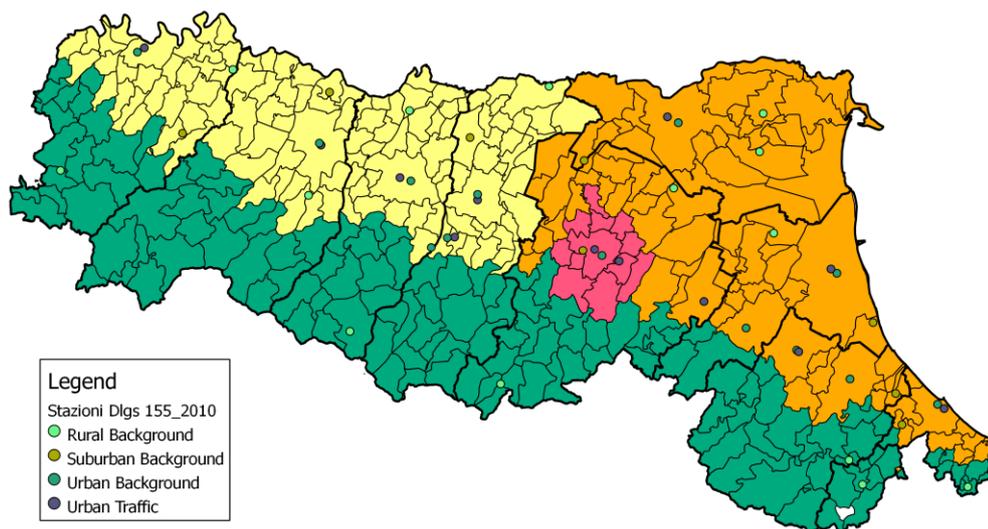


Figura 2.1 -
Dislocazione delle
stazioni nella rete
regionale

(DLgs 155/2010 e
DGR 2001/2011)

2.2 - Configurazione della Rete di Forlì-Cesena

Nella Provincia di Forlì-Cesena sono presenti 5 stazioni della Rete Regionale di rilevamento della qualità dell'aria (RRQA). La cartina di Figura 2.2 fornisce un'indicazione della distribuzione spaziale delle stazioni all'interno del territorio provinciale, mentre la configurazione della rete e la relativa dotazione strumentale è riportata in Tabella 2.1.

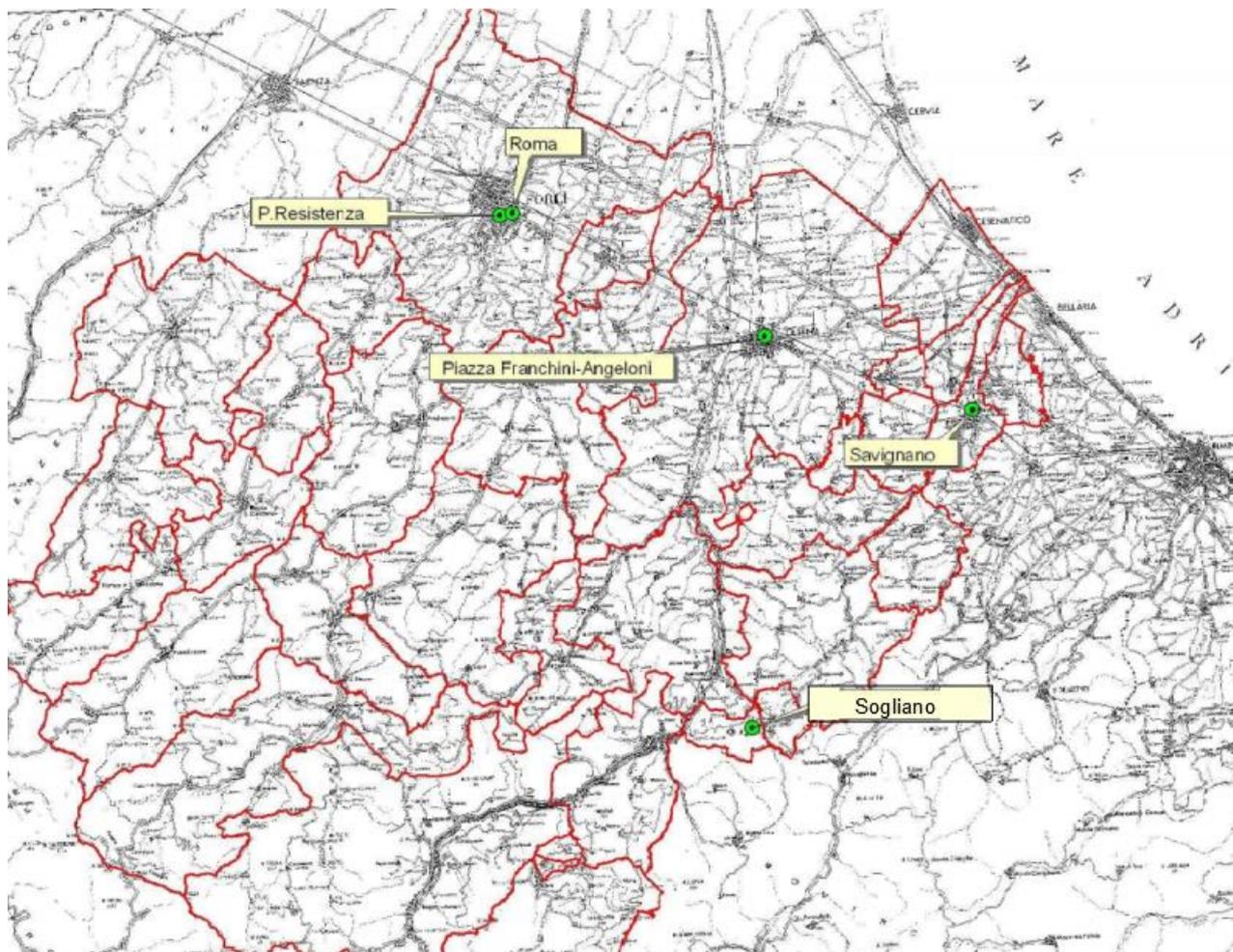


Figura 2.2 – Forlì-Cesena - Distribuzione spaziale delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria

Nella rete afferente alla provincia di Forlì-Cesena le stazioni sono tutte collocate in ZONA PIANURA EST, ad eccezione della stazione Sogliano che è collocata in ZONA APPENNINO (fondo rurale).

Zona	Comune	Stazione	Tipo	Zona + Tipo	Inquinanti misurati					
					PM10	PM2.5	NOx	CO	BTX	O3
	Sogliano al Rubicone	Sogliano		<i>FRu</i>						
	Savignano sul Rubicone	Savignano		<i>FSubU</i>						
	Cesena	Franchini-Angeloni		<i>FU</i>						
	Forlì	Resistenza		<i>FU</i>						
	Forlì	Roma		<i>TU</i>						

Legenda

Classificazione Zona	
	Urbana
	Suburbana
	Rurale

Classificazione Stazione	
	Traffico
	Fondo
	Industriale

Zona + tipo Stazione			
		Fondo Rurale	<i>FRu</i>
		Fondo Sub Urbano	<i>FsubU</i>
		Fondo Urbano	<i>FU</i>
		Traffico Urbano	<i>TU</i>
		Indust. Urbana	<i>Ind-U</i>
		Industriale	<i>Ind</i>

Tabella 2.1 – Configurazione della RRQA di Forlì-Cesena al 31/12/2022

Nei capitoli successivi sono riportate esclusivamente le elaborazioni statistiche dei dati rilevati dalla RRQA.

2.3 – Stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) di Forlì-Cesena

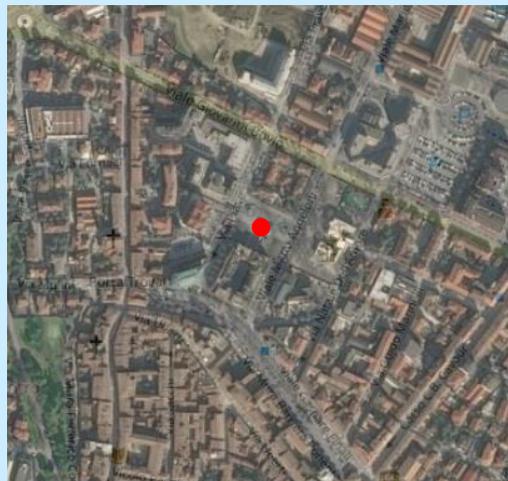
Si riportano le schede, con la documentazione fotografica e la localizzazione, delle stazioni di monitoraggio della rete pubblica nella configurazione 2022.

<p>Stazione: <i>Sogliano</i> <i>(Sogliano al Rubicone – Fraz. Savignano di Rigo)</i></p>	<p>Zona : <i>Agglomerato Appenino</i></p>
	
<p>Tipo Stazione: Fondo Rurale</p> <p>Inquinanti: PM₁₀ - NO_x - O₃</p>	<p>Coordinate geografiche:</p> <p>UTM32 X: 758798 Y: 4868778</p>

<p>Stazione: <i>Savignano</i> <i>(Savignano sul Rubicone)</i></p>	<p>Zona : <i>Agglomerato Pianura Est</i></p>
	
<p>Tipo Stazione: Fondo SubUrbano</p> <p>Inquinanti: PM₁₀ - PM_{2,5} - NO_x - O₃</p>	<p>Coordinate geografiche:</p> <p>UTM32 X: 772239 Y: 4888287</p>

Stazione: Franchini-Angeloni (Cesena)

Zona : Agglomerato Pianura Est



Tipo Stazione: Fondo Urbano

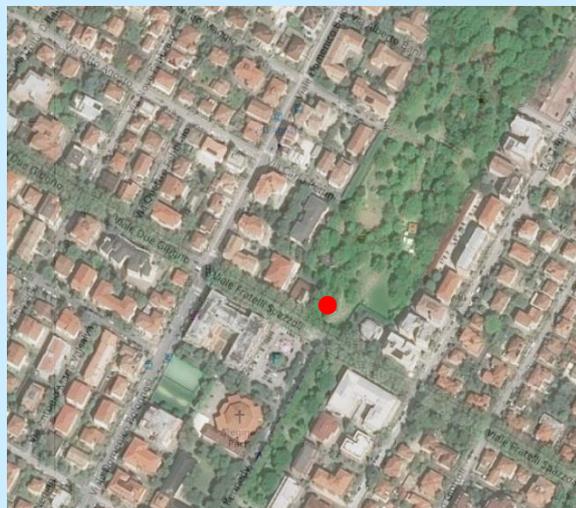
Coordinate geografiche:

Inquinanti: PM₁₀ - NO_x

UTM32: X: 795939 Y: 4892795

Stazione: Resistenza (Forlì)

Zona : Agglomerato Pianura Est



Tipo Stazione: Fondo Urbano

Coordinate geografiche:

Inquinanti: PM₁₀ - PM_{2,5} - NO_x - O₃

UTM32: X: 743414 Y: 4900187

Stazione: Roma (Forlì)



Tipo Stazione: Traffico Urbano

Inquinanti: PM₁₀ – NO_x – BTX

Zona : Agglomerato Pianura Est



Coordinate geografiche:

UTM32 X: 744179 Y: 4900325

3 - LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE NEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI RAVENNA, RIMINI E FORLÌ - CESENA

3.1 - Gli indicatori meteorologici per lo studio della qualità dell'aria

L'atmosfera rappresenta l'ambiente dove gli inquinanti, immessi da varie sorgenti, si diffondono, vengono dispersi e subiscono trasformazioni del loro stato fisico e chimico.

Le condizioni meteorologiche interagiscono, quindi, in vari modi con i processi di formazione, dispersione, trasporto e deposizione degli inquinanti ed alcuni indicatori meteorologici possono essere posti in relazione con tali processi.

- La **temperatura dell'aria**: ad elevate temperature sono, in genere, associati elevati valori di ozono, mentre le basse temperature, durante il periodo invernale, sono spesso correlate a condizioni di inversione termica che tendono a confinare gli inquinanti in prossimità della superficie e quindi a fare aumentare le concentrazioni misurate.
- Le **precipitazioni e la nebbia** influenzano la deposizione e la rimozione umida di inquinanti. L'assenza di precipitazioni e di nubi riduce la capacità dell'atmosfera di rimuovere, attraverso i processi di deposizione umida e di dilavamento, gli inquinanti, in particolare le particelle fini.
- **L'intensità del vento** influenza il trasporto e la diffusione degli inquinanti; elevate velocità del vento tendono a favorire la dispersione degli inquinanti immessi vicino alla superficie.
- La **direzione del vento** influenza in modo diretto la dispersione degli inquinanti.

Di seguito si riportano alcune elaborazioni, relative ai parametri meteorologici registrati nel territorio delle tre province. In alcuni casi si è fatto riferimento ai parametri meteorologici che sono registrati nelle stazioni per la qualità dell'aria, mentre in altri si sono utilizzati i dati delle stazioni facenti parte delle reti gestite dal servizio Idro-Meteo-Clima (SIMC) di Arpae.

L'inquadramento climatico per l'anno 2022 è tratto dal rapporto IdroMeteoClima 2022, realizzato dall'Osservatorio Clima di Arpae

(Rif. <https://www.arpae.it/it/notizie/disponibile-online-il-rapporto-idrometeoclima-emilia-romagna-2022>).

Per la provincia di Ravenna le stazioni utilizzate sono tre: la stazione locale di qualità dell'aria di Porto San Vitale, nell'area urbana-portuale di Ravenna, la stazione della RRQA di Bisaura a Faenza e la stazione di Brisighella, facente parte della rete idrometeorologica del Simc (Fig.3.1).

Per la provincia di Rimini si sono utilizzate la stazione di Rimini Urbana, facente parte delle stazioni di meteorologia urbana gestite dal SIMC, la stazione di Riccione e la stazione di Pennabilli della rete idrometeorologica anch'essa gestita dal SIMC (Fig.3.2).

Per la provincia di Forlì-Cesena si è utilizzata la stazione di monitoraggio Hera nell'area industriale di Forlì, stazione locale di qualità dell'aria e dedicata all'inceneritore e la stazione di Castrocaro, facente parte della rete idrometeorologica gestita dal SIMC (Fig. 3.3).

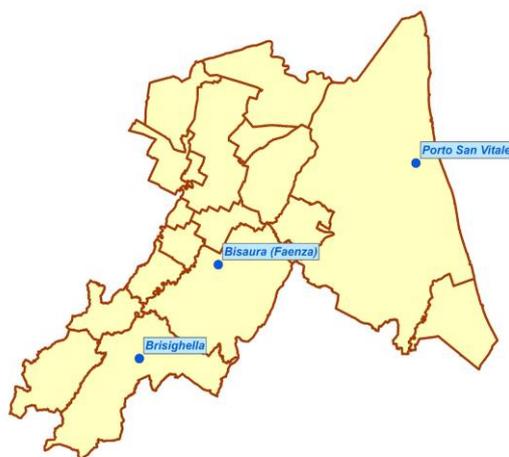


Fig 3.1 – Dislocazione delle stazioni meteorologiche a Ravenna



Fig. 3.2 Dislocazione delle stazioni meteorologiche a Rimini.



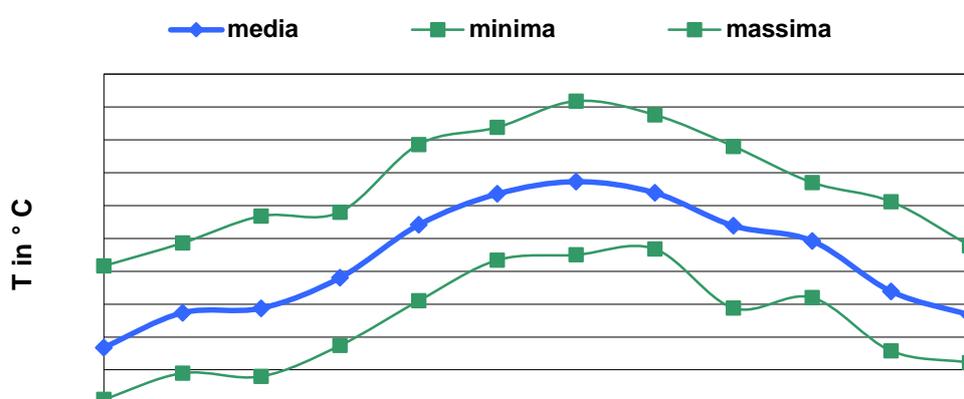
Fig. 3.3 Dislocazione delle stazioni meteorologiche a Forlì.

3.2 - Andamento meteorologico del 2022 nella Provincia di Ravenna, Rimini e Forlì-Cesena

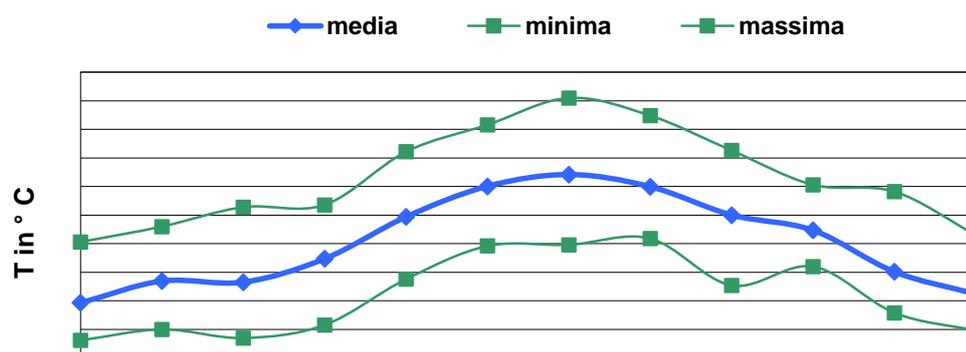
3.2.1 – Temperatura

In figura 3.4 sono riportate le temperature medie, minime e massime mensili per l'anno 2022 misurate nelle stazioni di Porto San Vitale, Faenza (Bisaura) e Brisighella per la provincia di Ravenna, la stazione Hera di Forlì per la provincia di Forlì-Cesena e la stazione di Rimini Urbana per la provincia di Rimini.

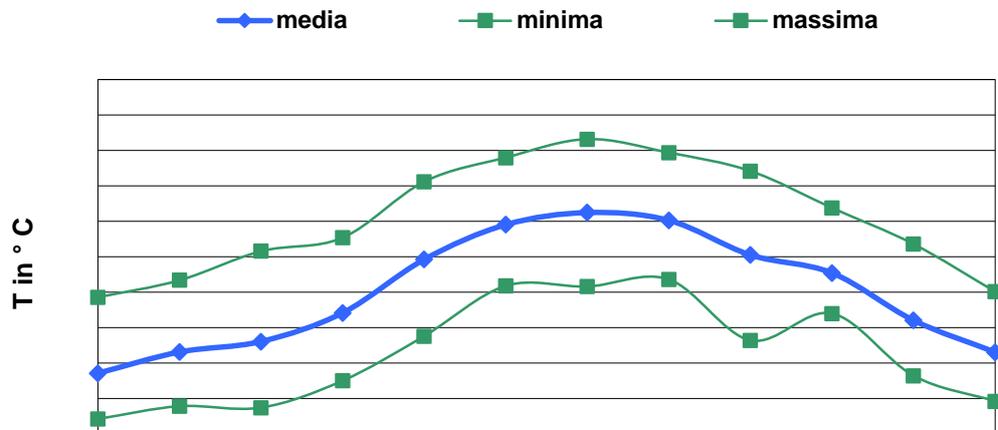
Stazione di Bisaura (Faenza) - anno 2022



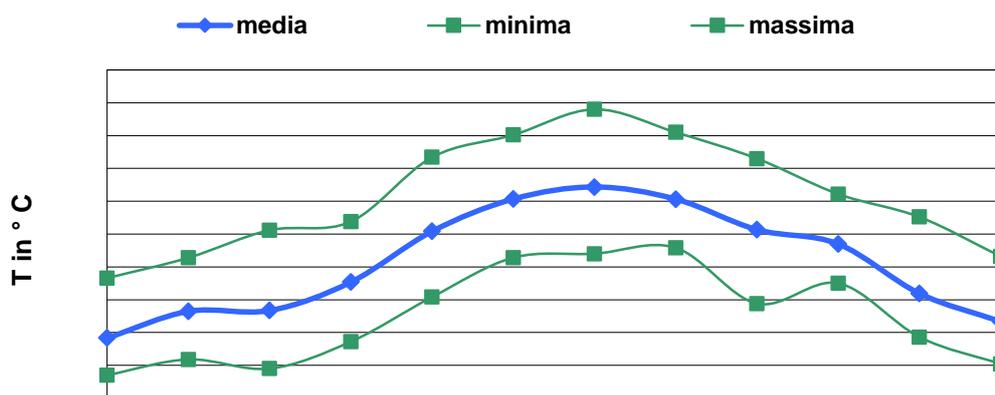
Stazione di Brisighella (Ravenna)- anno 2022



Stazione di Porto San Vitale (Ravenna) - anno 2022



Stazione di Forlì Urbana- anno 2022



Stazione di Rimini Urbana - anno 2022

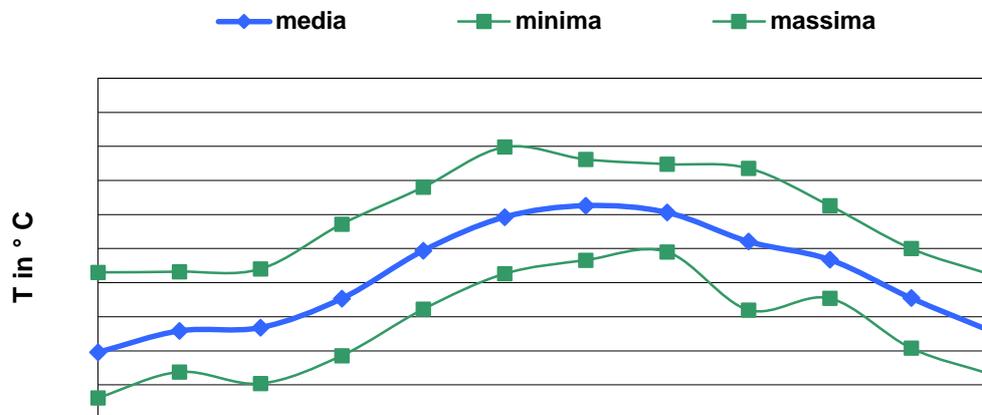


Figura 3.4 – Medie, minimi e massimi mensili delle temperature - Anno 2022

A livello regionale il 2022, è risultato l'anno più caldo dal 1961 sia in termini di temperatura media, sia di temperatura massima. Queste condizioni generali si sono tradotte in un elevato numero di giorni caldi: l'indice regionale è stato pari a 61 giorni caldi, il terzo valore più alto della serie dopo il 2003 ed il 2012, mentre a livello locale, in pianura, sono stati osservati fino a 103 giorni caldi.

Questi valori annuali sono il risultato della persistenza di intense anomalie termiche positive per buona parte dell'anno. Ad inizio anno, si sono alternati mesi con anomalie termiche, anche forti, ma di segno altalenante. Il mese di febbraio, come nei due anni precedenti, è risultato molto caldo, il quarto dal 1961, mentre marzo è risultato particolarmente freddo e la temperatura minima regionale ha assunto il quarto valore più basso dal 1961 e il più basso dal 1988. A maggio, le temperature, inizialmente nella norma, sono aumentate velocemente dopo la prima decade, rimanendo fino a fine mese prossime o superiori ai massimi valori osservati dal 1961; infatti maggio risulta il secondo più caldo dopo il 2009. Nei mesi successivi, si sono susseguiti quasi unicamente valori superiori alle attese o nella norma fino a fine anno. In particolare, giugno è stato il secondo più caldo dopo il 2003, e luglio il secondo più caldo dopo il 2015. Nonostante agosto sia stato termicamente più vicino alla normalità climatica, l'estate risulta la seconda più calda dal 1961 dopo il 2003, con un'anomalia di temperatura media regionale di +1,8 °C rispetto al clima 1991-2020 e di +3,4 °C rispetto al clima 1961-1990. Il contributo maggiore a queste anomalie è imputabile soprattutto ai valori di temperatura massima (+2,4 °C rispetto al clima 1991-2020), mentre le minime si discostano dal clima recente di +1,1 °C. La temperatura massima assoluta di 41,2 °C è stata registrata a Granarolo Faentino il 23 luglio.

Per la provincia di Ravenna il 2022 è stato caratterizzato da temperature minime piuttosto rigide, anche inferiori a 0°C fino al mese di aprile, e da temperature massime elevate (anche oltre 40°C), in linea con l'anno precedente, e del tutto comparabili nel trimestre estivo. Questo andamento delle temperature rilevate è simile in tutte le stazioni, ma con variazioni più marcate, fra le minime e le massime, nell'entroterra rispetto alla stazione di Porto San Vitale, che risente maggiormente dell'azione mitigatrice del mare.

Andamenti simili per le stazioni di Forlì e Rimini Urbana per quanto riguarda le medie ma con temperature massime più elevate per la stazione Hera di Forlì rispetto alla stazione urbana di Rimini.

3.2.2 – Precipitazioni

In figura 3.5 sono rappresentate la precipitazione cumulata mensile ed il numero di giorni con precipitazione superiore a 0,3 mm (limite di significatività).

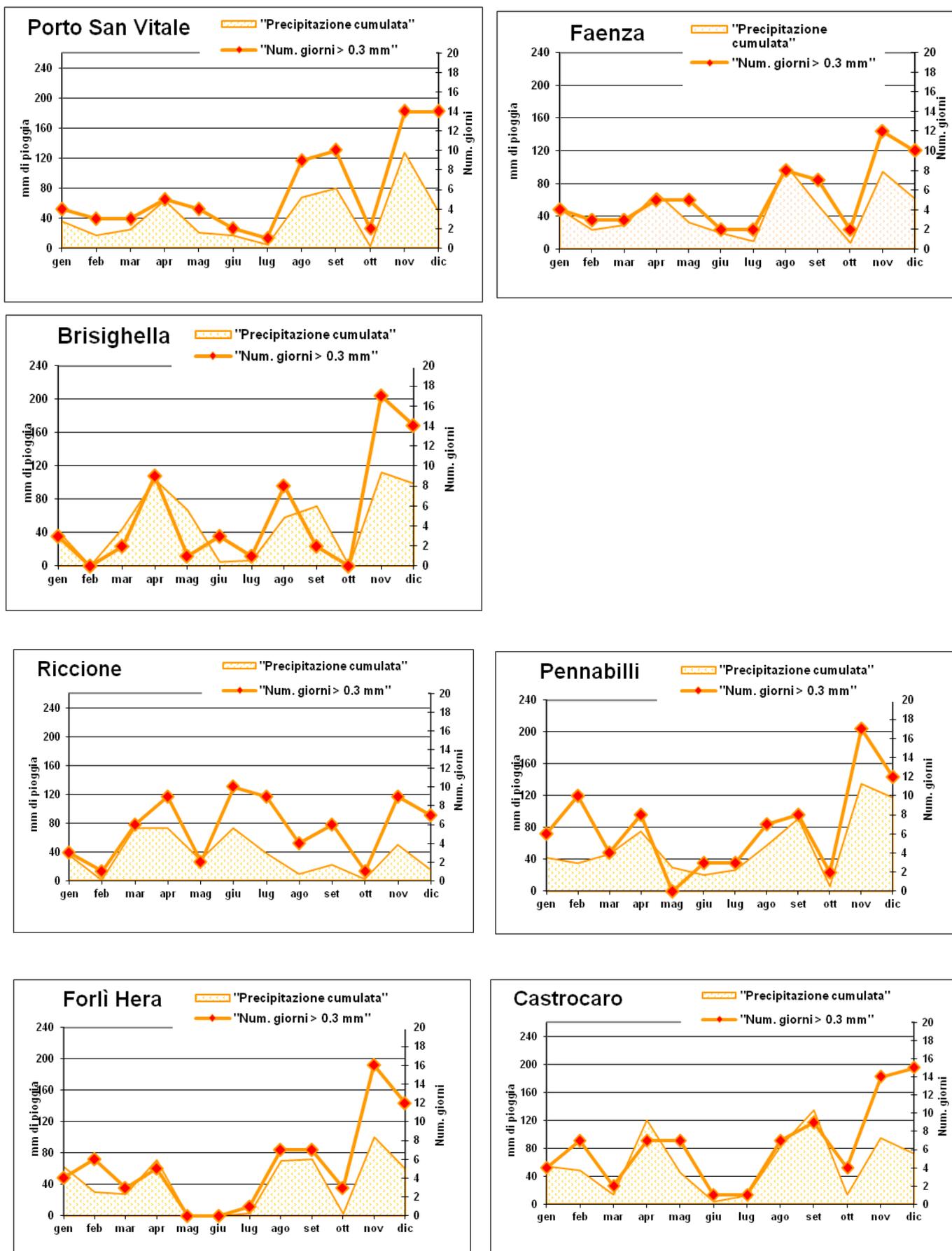


Figura 3.5 – Precipitazione cumulata mensile e numero di giorni con precipitazione superiore a 0.3 mm – Anno 2022

Il 2022 è stato un anno estremamente siccitoso; con una precipitazione annua regionale pari a 677 mm, risultando la quinta annualità, meno piovosa dal 1961, dopo 1988, 1983, 2021 e 2011. La successione di due anni consecutivi di estrema siccità rappresenta un record per la serie storica dal 1961. Condizioni simili, cioè due annate consecutive con precipitazioni inferiori alla soglia dei 700 mm di piovosità, si erano già presentate nel biennio 2006-2007, ma con valori totali annui meno estremi e con temperature medie annue simili al clima 1991-2020.

L'anno 2022 è iniziato con il ritorno della siccità, che aveva caratterizzato anche la prima metà del 2021, poi conclusasi con l'arrivo delle piogge autunnali. Nei primi mesi dell'anno le precipitazioni sono risultate inferiori alla norma. Nel corso di maggio, le temperature si sono assestate su valori tipicamente estivi, il manto nevoso alpino si è velocemente dileguato e la domanda di risorse idriche da parte dei settori agricoli e civili è aumentata, innescando velocemente criticità locali anche per l'uso idropotabile. A giugno le precipitazioni sono state estremamente inferiori al clima: stimate in 21,7 mm rispetto ai 65,5 mm attesi. A luglio sono caduti mediamente circa 22 mm, pari a metà del valore atteso nel mese. In seguito al sommarsi di queste anomalie, le precipitazioni cumulate da gennaio a luglio, stimate in circa 281 mm medi regionali, sono state in assoluto le più basse dal 1961, inferiori al precedente record negativo del 2017, pari a 301 mm.

Ad agosto si è osservato un cambio di regimi e il mese è risultato il quarto più piovoso dal 1961, rendendo i valori totali dell'estate meteorologica (mesi di giugno, luglio e agosto) solo lievemente inferiori alle attese climatiche. Se a settembre le precipitazioni sono risultate nella norma, ottobre, con un indice pluviometrico regionale di 7,4 mm, è risultato il meno piovoso dal 1961. La quasi totale assenza di precipitazioni, in un mese climatologicamente piovoso, ha riacutizzato le condizioni di siccità che si erano leggermente attenuate nei due mesi precedenti. L'anno si è concluso senza ulteriori anomalie pluviometriche rilevanti, ma con valori che, pur non aggravando le condizioni generali di siccità meteorologica, non hanno comunque permesso di recuperare in alcun modo i gravi deficit accumulati nei mesi precedenti.

Gli andamenti delle precipitazioni complessive nel territorio provinciale di Ravenna sono stati leggermente più alti nelle stazioni dell'interno (Brisighella con 613 mm e Bisaura, con 545 mm) rispetto a Porto San Vitale (503 mm), ma la stazione che ha visto la precipitazione più consistente è stata proprio quest'ultima, con novembre come mese più piovoso (127 mm). I mesi più secchi per la Provincia di Ravenna sono stati i mesi di luglio e ottobre.

Per quanto riguarda la provincia di Rimini, Pennabilli (precipitazione complessiva 686 mm) ha registrato valori di precipitazioni più elevati rispetto alla costa (422 mm di pioggia a Riccione), con novembre (135 mm) per Pennabilli e aprile (74 mm) per Riccione i mesi più piovosi.

Per quanto riguarda i valori di precipitazione complessiva delle due stazioni della provincia di Forlì, la stazione interna di Castrocaro (696 mm) ha fatto registrare valori superiori a quella di Hera (501 mm) per l'area urbana, con i minimi di precipitazione nei mesi di giugno, luglio e ottobre. I massimi sono stati registrati a settembre a Castrocaro (134 mm) e a novembre per la stazione di Hera (100mm).

3.2.3 – Intensità e direzione del vento

In Figura 3.6 sono rappresentate le rose dei venti annuali e stagionali, in termini di direzione ed intensità, relative alle stazioni di Porto San Vitale e Bisaura per Ravenna, la stazione di Hera per Forlì e la stazione di Riccione per la provincia di Rimini.

Nelle stazioni più prossime alla linea di costa si evidenziano in periodo primaverile ed estivo le direzioni tipiche della brezza di terra-mare. Le brezze sono venti leggeri (con tipiche velocità dai 2 ai 6 km/h), e locali, (in quanto assumono un'estensione molto limitata nello spazio geografico). Le brezze, fanno parte dei cosiddetti venti periodici, ovvero che invertono il senso nel quale spirano nel corso di una stessa giornata. Il riscaldamento più veloce della terra rispetto al mare, di giorno, fa sì che l'aria più calda e rarefatta sulla terraferma richiami alle quote basse l'aria più fresca e più densa presente sul mare (brezza di mare). Alle quote alte maggiori i venti sono opposti di notte, il raffreddamento più veloce della terraferma rispetto al mare induce l'invertirsi della brezza con venti a quote basse che spirano dalla terraferma verso il mare (brezza di terra). La tarda primavera e l'inizio dell'estate sono i momenti in cui le brezze tendono a raggiungere la loro massima intensità, a causa della maggiore differenza di temperatura tra il mare e la terra.

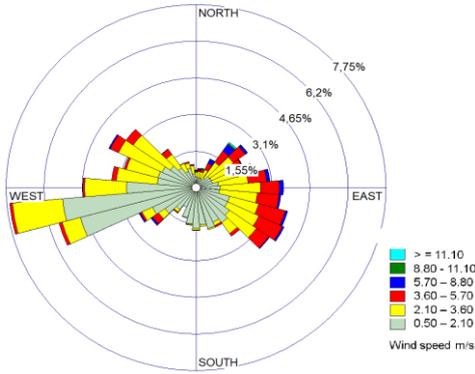
Per le stazioni di Ravenna si evince che durante le stagioni invernale ed autunnale, prevalgono i venti occidentali, mentre per la stagione primavera – estate, risulta evidente l'influenza delle brezze di mare di direzione E-SE. Per Bisaura durante la stagione primaverile c'è una componente importante anche dalla direzione Sud Ovest.

Per quanto riguarda la stazione di Riccione la direzione prevalente dei venti è stata Sud-Ovest per le stagioni fredde mentre si intensifica la provenienza da Est durante la primavera e l'estate.

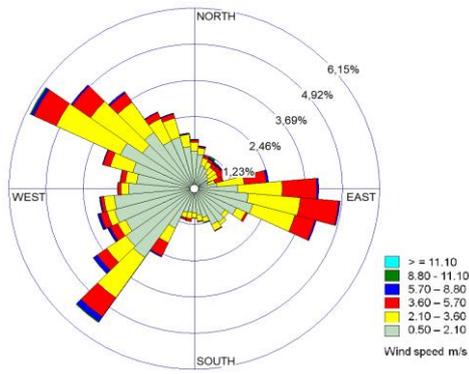
Per la stazione Hera di Forlì i venti durante tutto l'arco dell'anno risultano tendenzialmente bassi, provenienti principalmente da Sud-Est e Sud-Ovest.

Rose annuali

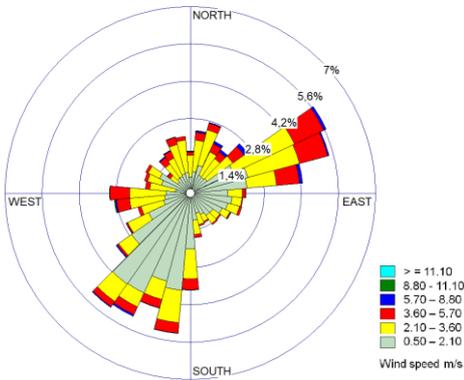
Ravenna – Stazione Porto San Vitale



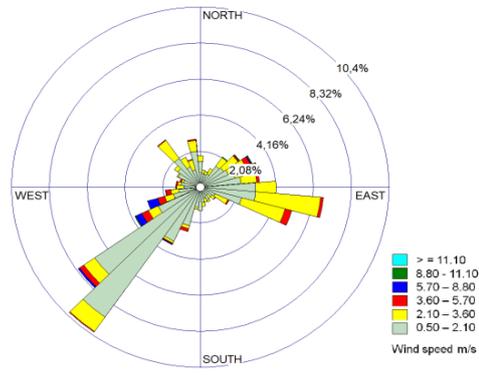
Ravenna - Stazione Bisaura



Rimini – Stazione di Riccione



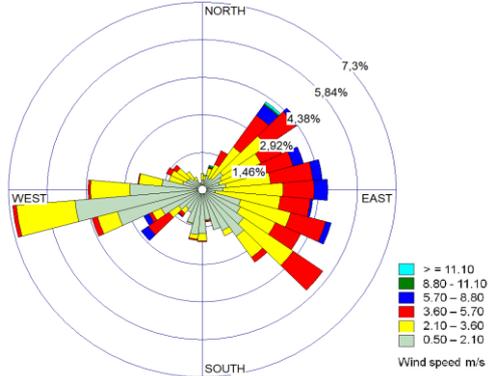
Forlì –Stazione di Hera



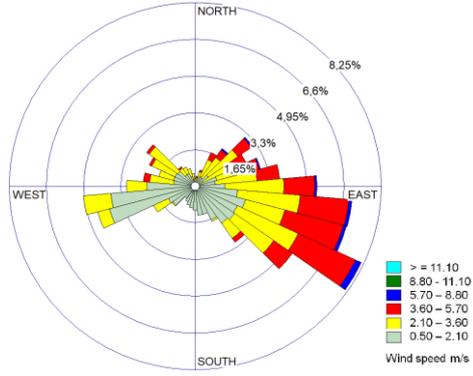
Rose stagionali

Ravenna – Porto San Vitale

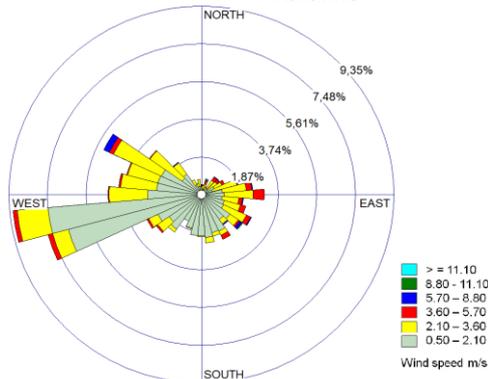
Primavera



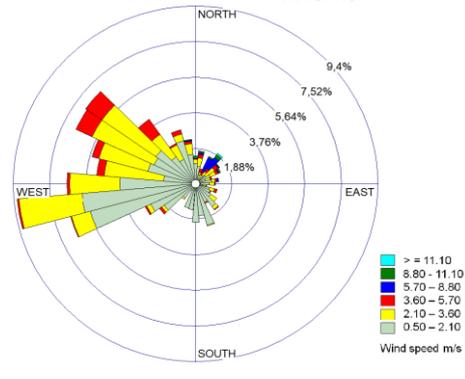
Estate



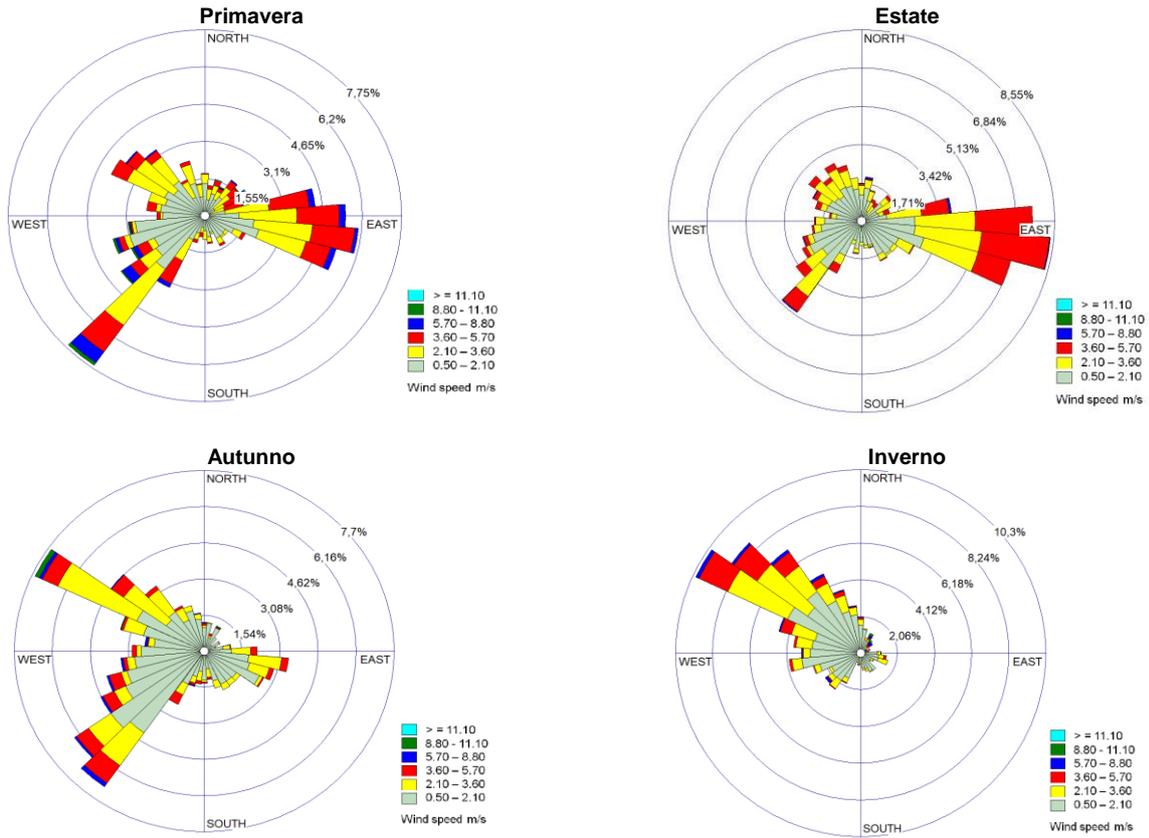
Autunno



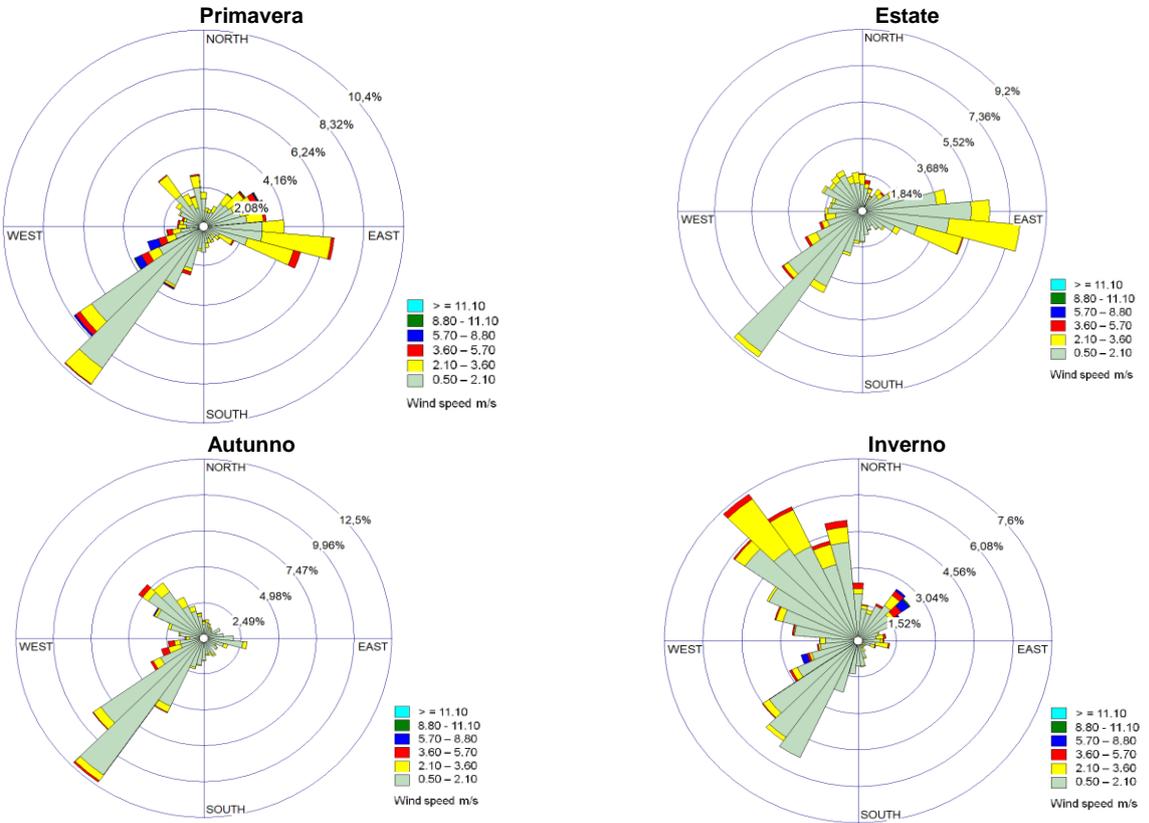
Inverno



Ravenna – Bisaura



Forlì - Hera



Rimini – Riccione Urbana

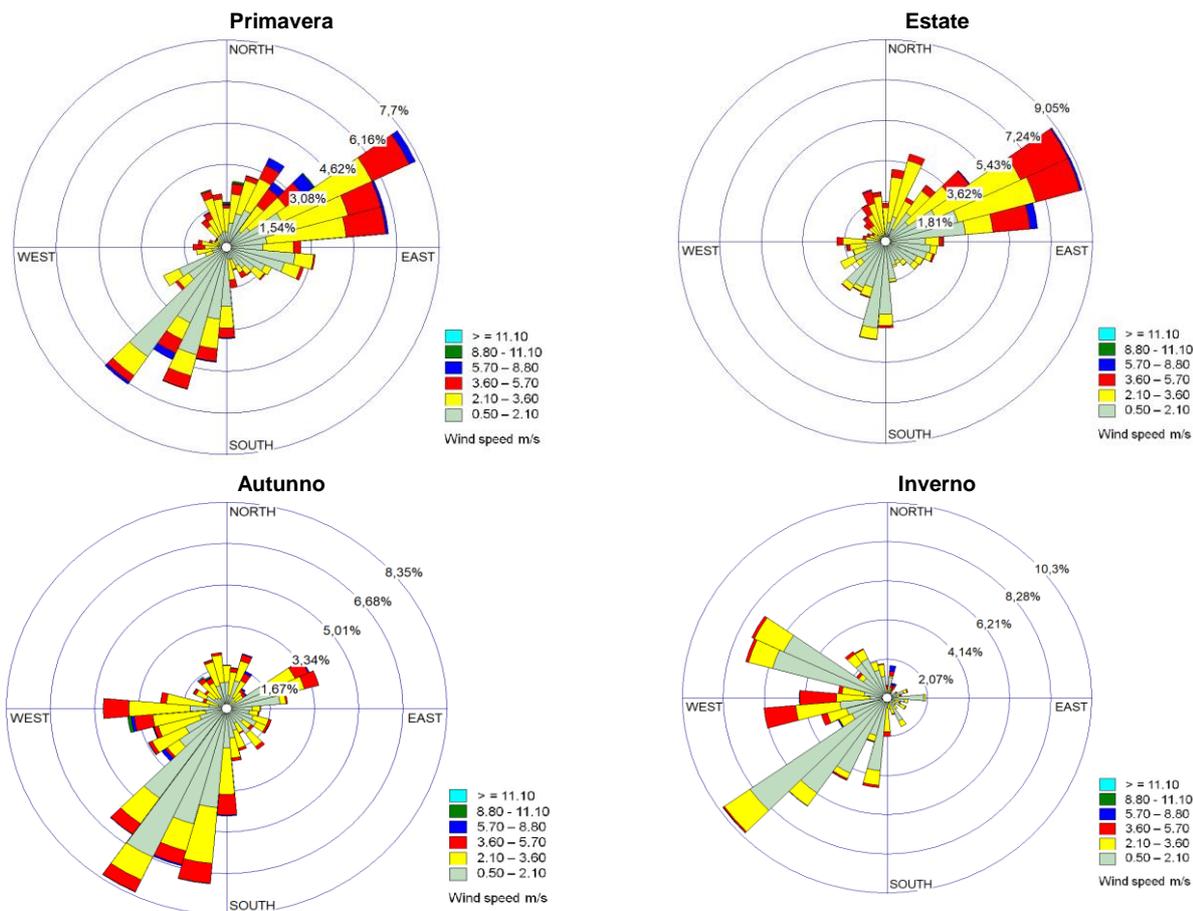


Figura 3.6 - Rose dei venti annuali e stagionali delle stazioni di Porto San Vitale e Bisaura per Ravenna, Hera per Forlì e Riccione per Rimini– Anno 2022

4 - VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI FORLÌ-CESENA

4.1 Biossido di Azoto NO₂ e Ossidi di Azoto NO_x

Con il termine ossidi di azoto (NO_x) viene indicato genericamente l'insieme dei due più importanti ossidi di azoto a livello di inquinamento atmosferico: il monossido di azoto (NO) e il biossido di azoto (NO₂). Il primo è un gas inodore e incolore che costituisce la componente principale delle emissioni di ossidi di azoto nell'aria e viene gradualmente ossidato a NO₂, gas di colore rosso-bruno, caratterizzato da un odore acre e pungente. Il biossido di azoto (NO₂) viene normalmente generato a seguito di processi di combustione ad elevata temperatura: le principali sorgenti emissive sono il traffico veicolare, gli impianti di riscaldamento ed alcuni processi industriali; è per lo più un inquinante secondario, che svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico e delle piogge acide, ed è tra i precursori di alcune frazioni significative di particolato.

Valutazione in sintesi

Tabella 4.1 - NO₂: Sintesi valutazioni anno 2022 e trend decennale

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di biossido di azoto (NO ₂)	2012 – 2022		
Superamenti dei limiti di legge per il biossido di azoto (NO ₂)	2012- 2022		

Il biossido di azoto, inquinante che ha anche importanti interazioni sul ciclo di formazione del particolato e dell'ozono (O₃), viene misurato in tutte le stazioni della Rete.

Il valore limite orario e della media annuale (40 µg/m³) sono rispettati in tutte le stazioni della rete dal 2012.

E' comunque importante mantenere alta l'attenzione su questo inquinante, sia perché gli NO_x sono tra i precursori del particolato secondario e dell'O₃, sia per le criticità ancora riscontrate a livello regionale, in particolare, nelle concentrazioni medie annuali.

Tabella 4.2 – NO₂: Parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

NO₂ [L.Q. = 8 µg/m³]				Concentrazioni in µg/m³		Limiti Normativi		Valori guida OMS	Valori guida OMS
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	40 µg/m ³	Max 18	200 µg/m ³	10 µg/m ³
						<i>Media anno</i>	<i>N° Sup. 200 µg/m³ h</i>	<i>Max orario</i>	<i>Media annua</i>
Franchini- Angeloni	Cesena	Fondo Urbano	99	< 8	89	19	0	89	19
Parco Resistenza	Forlì	Fondo Urbano	100	< 8	92	17	0	92	17
Roma	Forlì	Traffico	97	< 8	106	24	0	106	24
Savignano	Savignano sul Rubicone	Fondo Suburbano	100	< 8	89	17	0	89	17
Sogliano	Sogliano	Fondo Rurale	99	< 8	32	<8	0	32	<8

I limiti di lungo (media annuale) e di breve periodo (massimo della media oraria) del biossido di azoto nell'anno 2022 sono stati rispettati in tutte le stazioni della Rete Regionale di Forlì-Cesena. La media annuale più elevata (24 µg/m³) è stata rilevata nella stazione di traffico (Roma), dove si è registrato anche il massimo orario più alto (106 µg/m³).

Nel grafico di Figura 4.1 sono rappresentate le concentrazioni medie annue di NO₂ confrontate con il valore limite (linea viola).

Nota: nei grafici che seguono non è riportato il dato relativo al fondo remoto (Sogliano) in quanto circa il 91% delle concentrazioni medie orarie rilevate di NO₂ sono inferiori al limite di quantificazione strumentale (< 8 µg/m³).

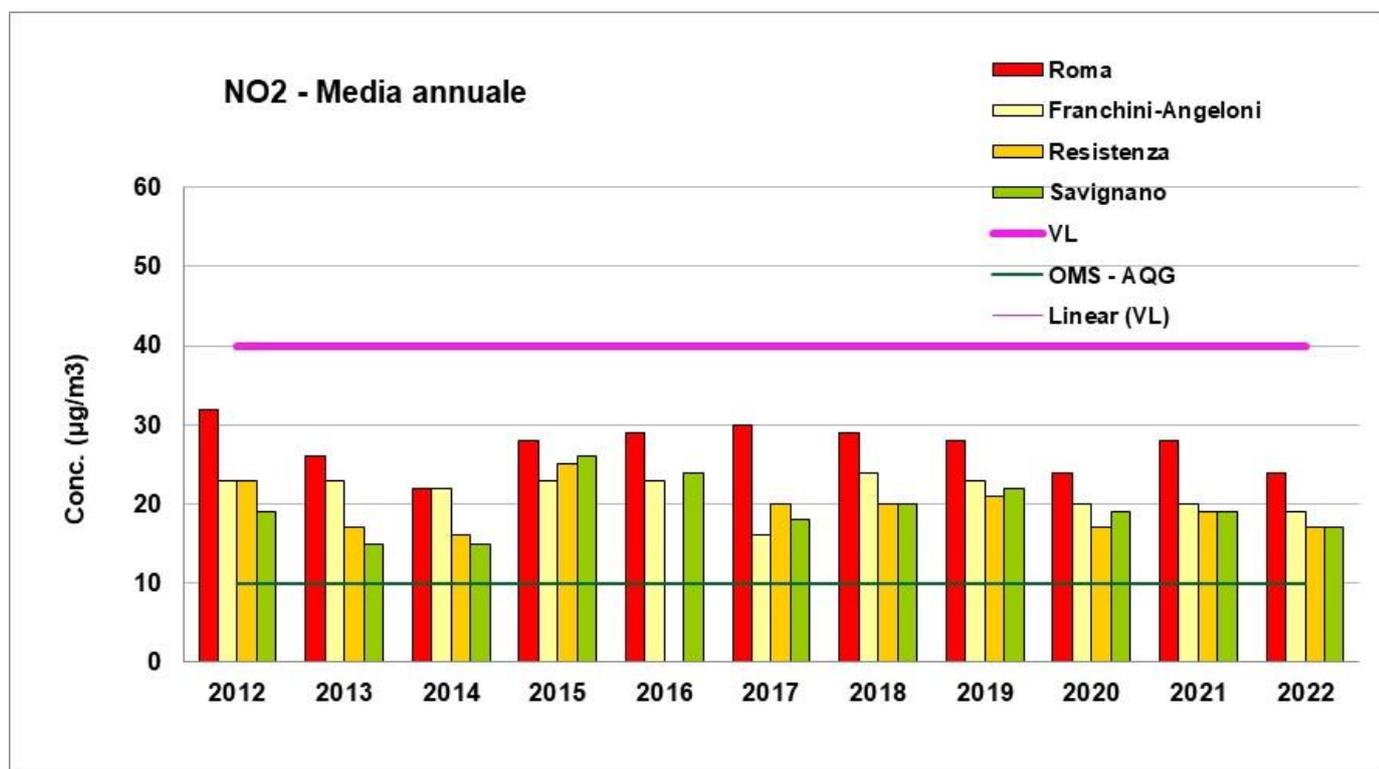


Figura 4.1 - Medie annuali

Nella Figura 4.2 sono riportate le concentrazioni medie mensili del 2022 per le stazioni della provincia di Forlì-Cesena.

L'andamento è simile in tutte le stazioni: le concentrazioni più alte si rilevano nei mesi invernali.

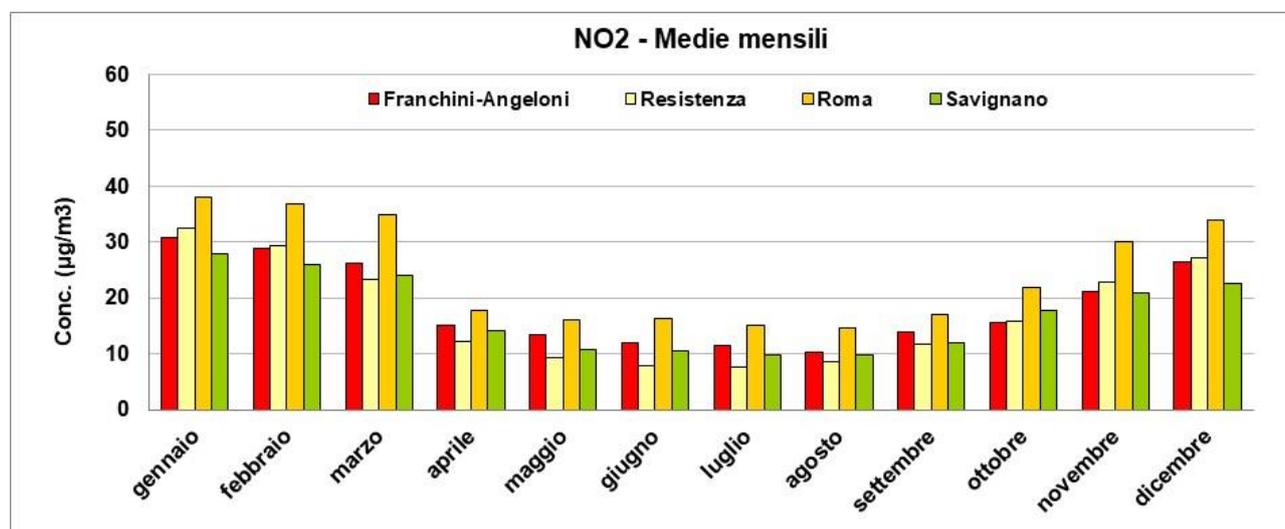
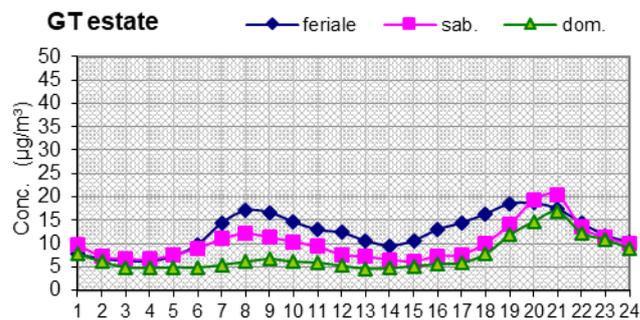
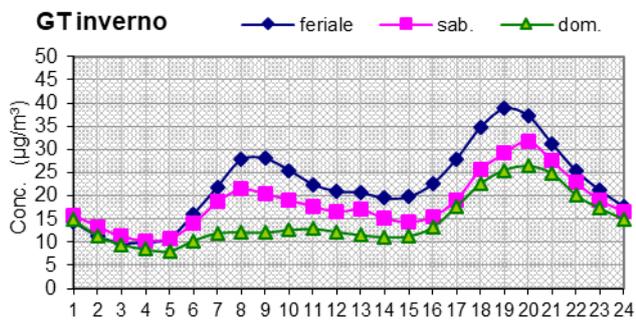


Figura 4.2 - Medie Mensili

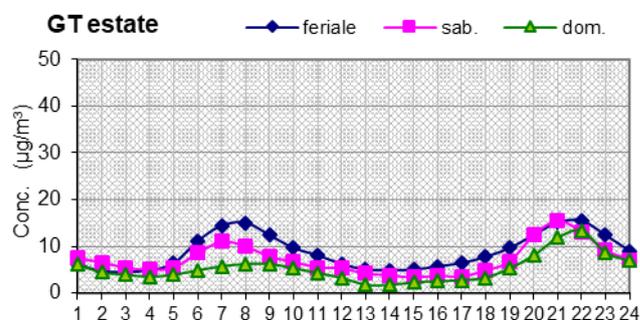
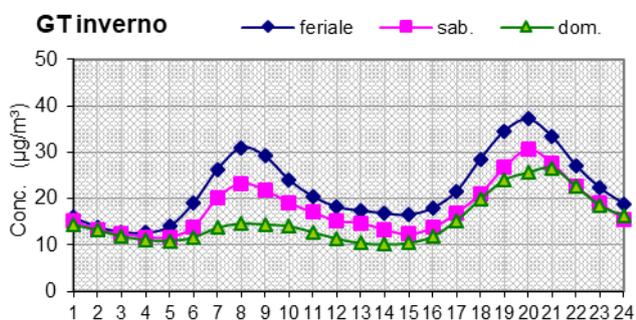
Per visualizzare l'andamento delle concentrazioni orarie di un inquinante che mediamente si riscontrano nella giornata, si può calcolare e rappresentare graficamente il «giorno tipico - GT».

Il GT è calcolato effettuando la media dei dati rilevati alla stessa ora del giorno, in un determinato periodo, per tutte le 24 ore della giornata: rappresenta quindi un ipotetico giorno "medio" che permette di evidenziare situazioni di concentrazione dell'inquinante ricorrenti e minimizzare le

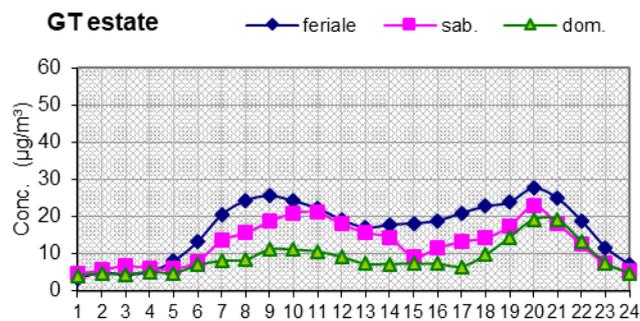
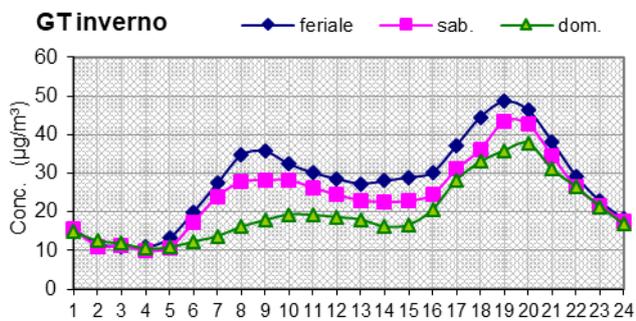
fluttuazioni casuali. I grafici che seguono (Figura 4.3) sono relativi al GT dell'NO₂ del semestre estivo e del semestre invernale, distinguendo i giorni feriali, prefestivi e festivi.



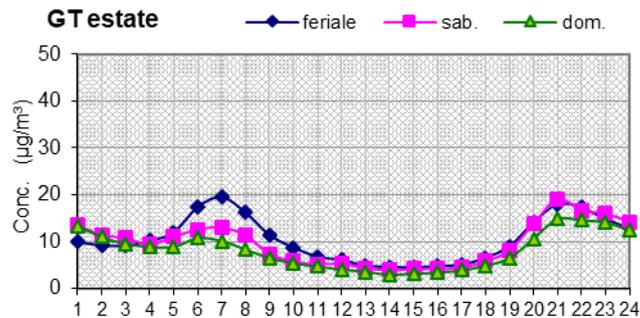
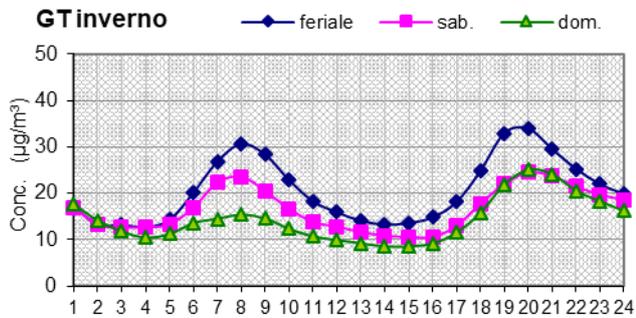
Franchini-Angeloni – Fondo Urbano (FU)



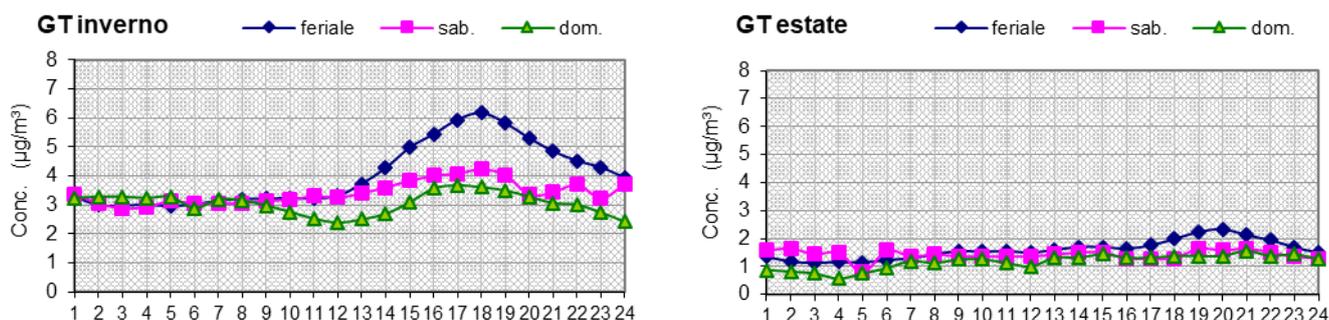
Parco Resistenza – Fondo Urbano (FU)



Roma – Traffico Urbano (TU)



Savignano – Fondo Suburbano (FSub-U)



Sogliano – Fondo Rurale (F-Rur)

Figura 4.3 - Biossido di azoto - giorni tipici – stazioni della rete di controllo della qualità dell'aria

Infine, in Tabella 4.3, sono riportati alcuni parametri statistici relativi alle concentrazioni orarie per la serie storica dal 2012 al 2022.

Tabella 4.3 - Andamento temporale di NO₂ dal 2012 al 2022 (concentrazioni espresse in µg/m³)

Stazione: Franchini-Angeloni

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	23	23	22	23	23	16	24	23	20	20	19
50°Percentile	20	20	19	21	20	12	21	20	16	17	16
90°Percentile	44	42	42	42	40	33	44	43	39	38	36
95°Percentile	53	49	50	49	46	43	51	52	47	44	42
98°Percentile	64	58	58	56	54	52	59	61	56	53	51
Max	133	88	94	79	97	111	91	91	104	79	89
> 200 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	96	88	96	96	96	96	100	100	100	100	99

Stazione: Parco Resistenza

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	23	17	16	25	n.c.	20	20	21	17	19	17
50°Percentile	16	14	13	22	n.c.	17	16	16	12	15	13
90°Percentile	52	33	31	45	n.c.	40	41	45	39	40	36
95°Percentile	62	39	37	52	n.c.	47	49	53	47	47	43
98°Percentile	75	45	42	61	n.c.	56	56	64	57	56	54
Max	123	80	83	92	n.c.	102	106	106	111	85	92
> 200 µg/m³	0	0	0	0	n.c.	0	0	0	0	0	0
% dati validi	96	98	93	91	53	97	98	98	99	95	100

"n.c."= non calcolato in quanto i dati disponibili sono risultati inferiori a quelli previsti dalla norma (D.Lgs. 155/2010).

Stazione: Roma

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	32	26	22	28	29	30	29	28	24	28	24
50°Percentile	30	24	21	26	26	28	27	25	21	25	22
90°Percentile	58	48	41	49	50	53	52	52	47	52	46
95°Percentile	62	39	37	58	58	53	62	62	55	61	56
98°Percentile	75	45	42	69	70	75	73	74	67	72	67
Max	143	123	104	106	120	130	139	115	123	117	106
> 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	91	90	96	83	88	94	93	97	95	96	97

Stazione: Savignano

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	19	15	15	26	24	18	20	22	19	19	17
50°Percentile	15	12	12	24	21	15	16	18	14	15	14
90°Percentile	40	31	29	48	45	35	40	43	40	38	33
95°Percentile	48	38	36	54	55	41	48	50	48	45	40
98°Percentile	61	44	44	63	67	48	56	59	58	53	48
Max	109	73	67	91	111	97	89	106	82	74	89
> 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	87	98	99	88	94	94	98	100	100	97	100

Stazione: Sogliano

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8
50°Percentile	3	3	1	2	1	1	2	2	2	2	2
90°Percentile	8	7	5	6	4	4	6	7	9	7	7
95°Percentile	11	9	8	9	7	6	9	11	13	9	10
98°Percentile	16	12	12	13	10	9	14	15	21	12	13
Max	35	35	30	35	30	28	29	40	93	34	32
> 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	83	89	92	92	84	90	75	94	94	92	99

Nota: il dato in rosso indica che in quell'anno non è stata raggiunta l'efficienza prevista dal D.lgs 155/2010 per poter procedere all'elaborazione degli indicatori previsti.

Per gli ossidi di azoto (NOx) la normativa indica un valore limite annuale per la protezione della vegetazione pari a 30 µg/m³ (somma di monossido e biossido di azoto calcolata in ppm ed espressa come biossido di azoto) e dà indicazioni circa il posizionamento delle stazioni in cui verificare il rispetto del limite. In particolare, i punti di campionamento destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione devono essere ubicati a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dagli agglomerati o da impianti industriali e da autostrade.

Nella RRQA della provincia di Forlì-Cesena la stazione che soddisfa questi criteri è quella di fondo rurale "Sogliano" e in questa postazione, la concentrazione media annuale di NOx misurata nel 2022 è inferiore al limite per la protezione della vegetazione (Tabella 4.4).

Tabella 4.4 - NO_x: media annuale 2022

<i>NO_x</i>	<i>Riferimenti normativi</i>		<i>Sogliano</i>
D.Lgs. 155/2010	Protezione della vegetazione Media annuale	30 µg/m ³	4,8 µg/m ³

4.2 Ozono O₃

L'Ozono O₃ è un gas molto reattivo presente in atmosfera. Negli strati alti (**stratosfera**) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla terra formando uno strato protettivo che filtra i raggi ultravioletti del sole, mentre negli strati più bassi (**troposfera**), se presente in concentrazioni elevate, provoca disturbi irritativi all'apparato respiratorio e danni alla vegetazione.

L'Ozono troposferico si forma sotto l'irraggiamento solare a seguito di reazioni con sostanze precursori quali composti organici volatili (COV) e ossidi di azoto. (NO_x).

Le sorgenti di questi inquinanti detti "precursori" dell'ozono sono di tipo sia antropico (i veicoli a motore, le centrali termoelettriche, le industrie, i solventi chimici, i processi di combustione etc.) che di tipo naturale, quali boschi e foreste, che emettono i "terpeni" sostanze organiche volatili molto reattive.

Le concentrazioni di ozono troposferico sono influenzate da diverse variabili meteorologiche come l'intensità della radiazione solare, la temperatura, la direzione e la velocità del vento: ecco perché si osservano delle sistematiche variazioni stagionali nei valori di ozono. Nei periodi tardo-primaverili ed estivi, le particolari condizioni di alta pressione, elevate temperature e scarsa ventilazione, favoriscono il ristagno e l'accumulo degli inquinanti. Il forte irraggiamento solare innesca una serie di reazioni fotochimiche che determinano concentrazioni di ozono più elevate rispetto al livello naturale, compreso tra i 20 e gli 80 microgrammi per metro cubo di aria. I valori massimi sono raggiunti nelle ore più calde della giornata, dalle 12 alle 18, per poi scendere durante le ore notturne.

La dinamica di formazione dell'ozono e degli altri inquinanti fotochimici è tale per cui grandi masse d'aria possono spostarsi anche a decine/centinaia chilometri di distanza dalle fonti di emissione degli inquinanti precursori.

In prossimità di veicoli a motore e dai grandi impianti di combustione, l'ozono può essere significativamente consumato dalla reazione con il monossido di azoto (NO) formando biossido di azoto (NO₂), per questo i valori più elevati di ozono si raggiungono in zone rurali, fuori dai centri urbani.

Valutazione in sintesi

Tabella 4.5 – O₃: Sintesi valutazioni anno 2022 e trend decennale

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria a livello del suolo di Ozono	2012 – 2022		
Superamento dei valori obiettivo previsti dalla normativa per l'Ozono	2012 – 2022		

L'ozono viene misurato nelle stazioni di Fondo (urbano, sub-urbano e rurale), dove si prevede che le concentrazioni siano più elevate, in virtù dell'origine secondaria di questo inquinante.

I valori di ozono misurati nel 2022 confermano il persistere di una situazione critica per questo inquinante, con superamenti dei valori obiettivo per la protezione della salute umana in più stazioni; la concentrazione oraria di 180 µg/m³, valore soglia per l'informazione, è stata superata

nella stazione di Parco Resistenza, mentre la soglia di allarme non è stata superata in nessuna stazione.

La situazione di criticità, diffusa in tutta la Regione, è riconducibile all'origine fotochimica e alla natura esclusivamente secondaria di questo inquinante, caratteristiche che rendono la riduzione delle concentrazioni di ozono più complessa rispetto a quella di altri inquinanti primari. Infatti, spesso i precursori dell'ozono sono prodotti anche a distanze notevoli rispetto al punto in cui vengono misurate le concentrazioni maggiori di questo inquinante, e questo rende decisamente più difficile intervenire e pianificare azioni di risanamento/mitigazione.

Tabella 4.6 – O₃: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

O ₃ [L.Q. = 8 µg/m ³]				Concentrazioni in µg/m ³		Soglia informazione		Soglia allarme	Valori guida OMS
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza%	Minimo	Massimo	180 µg/m ³		240 µg/m ³	100 µg/m ³
						ore di Sup.	giorni di Sup.	ore di Sup	Max Media 8 ore
Parco Resistenza	Forlì	Fondo Urbano	100	< 8	196	14	6	0	172
Savignano	Savignano sul Rubicone	Fondo Suburbano	99	< 8	164	0	0	0	151
Sogliano	Sogliano	Fondo Rurale	99	< 8	158	0	0	0	147

O ₃	Valori obiettivo per la protezione della salute umana e della vegetazione											
	N. gg superamenti di 120 µg/m ³ della media massima di 8 h da non superare per più di 25 gg (media 3 anni)										AOT 40 ¹ (µg/m ³ h) 18000 media 5 anni	
Stazione	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	Anno	Media 3 anni	Anno	Media 5 anni
Parco Resistenza	5	1	9	12	25	20	3	0	75	55	36366	24531
Savignano	0	0	0	0	6	1	0	0	7	16	18595	20959
Sogliano	0	0	0	7	14	8	0	0	29	24	21428	18793

1 - Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb → valuta la qualità dell'aria tramite la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (= 40 ppb per l'Ozono) e 80 µg/m³ rilevate da maggio a luglio in orario 8-20.

Il D.Lgs. 155/2010, oltre agli obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione, fissa:

- la soglia di informazione (media oraria > 180 µg/m³): livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi della popolazione particolarmente sensibili, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive;
- la soglia di allarme (media oraria > 240 µg/m³ per tre ore consecutive): livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone l'adozione di provvedimenti immediati.

Come già indicato, l'ozono è un inquinante secondario che si forma a seguito di complesse reazioni fotochimiche (favorite dalla radiazione solare) a partire da inquinanti primari (o precursori) immessi direttamente in atmosfera, quali gli ossidi di azoto e i composti organici volatili; inoltre i massimi di concentrazione di ozono si raggiungono in aree rurali non direttamente esposte a sorgenti di ossidi di azoto.

Per questo motivo, le stazioni in cui misurare l'ozono sono le stazioni di fondo:

Finalità della misurazione	Tipo di stazione	Stazioni RRQA Forlì-Cesena
protezione della salute umana	Fondo Urbano	Resistenza
protezione della salute umana/ protezione della vegetazione	Fondo Sub Urbano Fondo Rurale	Savignano Sogliano

La formazione dell'ozono dipende anche dall'intensità della radiazione solare, pertanto l'andamento delle concentrazioni di ozono troposferico ha una spiccata stagionalità (le più significative si rilevano nel periodo primavera-estate come illustrato in Figura 4.4) ed un caratteristico andamento giornaliero, con il massimo di concentrazione in corrispondenza delle ore di maggiore insolazione (ore 13 ÷ 14 - Figura 4.5).

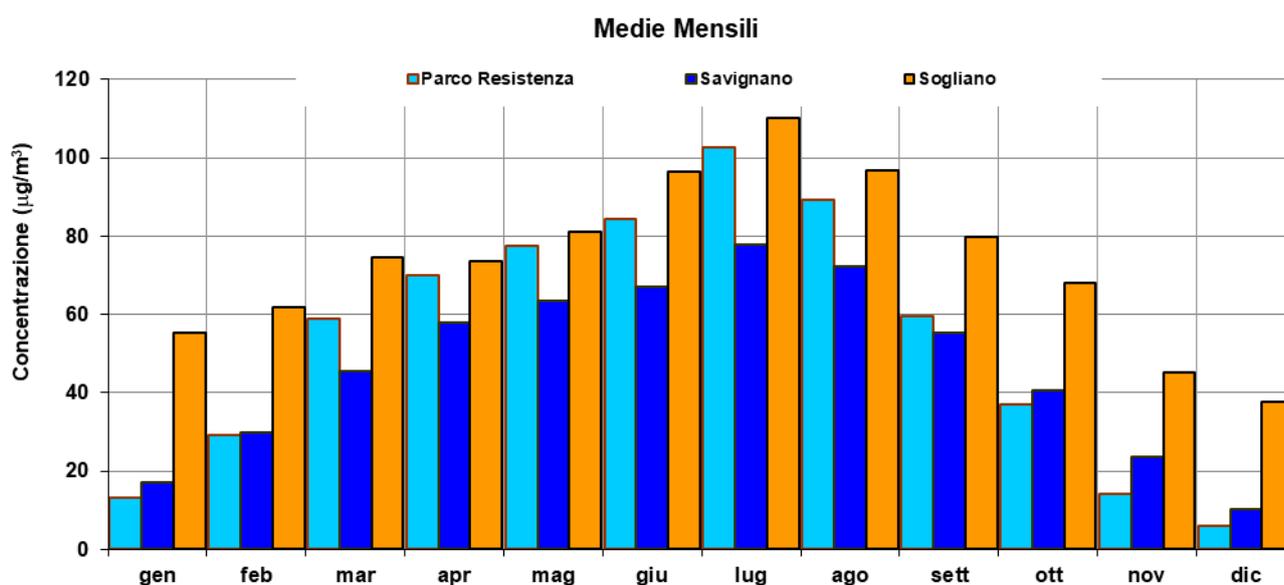
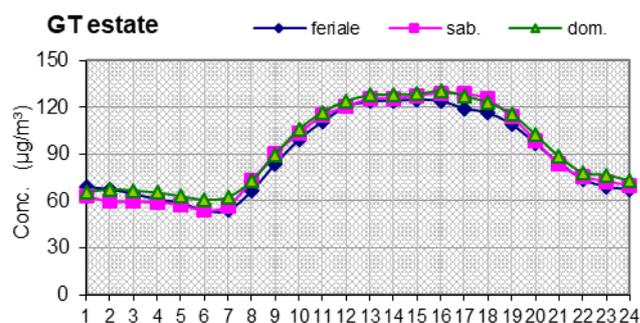
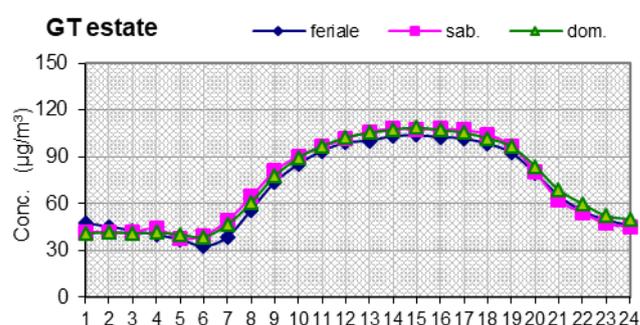


Figura 4.4 - Ozono - Concentrazioni medie mensili Stazioni di Fondo – anno 2022

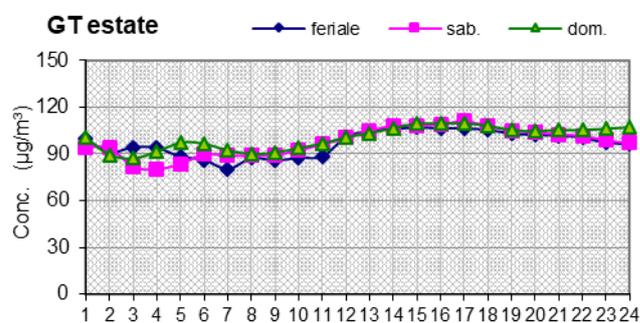
Gli andamenti giornalieri delle concentrazioni di ozono nelle stazioni di Pianura (Parco Resistenza e Savignano) sono molto simili: il minimo è tra le 6 e le 7 del mattino (quando l'ozono prodotto il giorno precedente è completamente diffuso) ed il massimo si riscontra nelle ore centrali del pomeriggio, quando è maggiore l'insolazione e quindi più intensa la formazione dell'inquinante. Diverso è l'andamento nella stazione appenninica (Sogliano), dove non si osserva un'oscillazione giornaliera marcata e le concentrazioni si mantengono su valori mediamente più alti, come tipicamente avviene per le stazioni in quota.



Ozono - Parco Resistenza – Fondo Urbano (FU)



Ozono - Savignano – Fondo Suburbano (FSub-U)



Ozono - Sogliano – Fondo Rurale (F-Rur)

Figura 4.5 - Ozono: giorni tipici estivi – anno 2022

Il valore obiettivo per la protezione della salute umana non è raggiunto nella stazione di Fondo urbano (Parco Resistenza). In questa stazione, infatti, negli ultimi 3 anni la media dei giorni in cui è avvenuto il superamento del valore di 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media mobile di 8 ore è superiore ai 25 consentiti dalla normativa. In particolare la media del triennio dei giorni di superamento corrisponde a 55 per Parco Resistenza, 16 per Savignano e 24 per Sogliano. Prendendo in considerazione i soli superamenti del 2022 essi sono: 75 per Parco Resistenza, 7 per Savignano e 29 per Sogliano.

Il numero di giorni di superamento dei 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dal 2012 al 2022, in ogni singolo anno, è riportato in Figura 4.6. I dati mancanti sono dovuti al fatto che il numero di superamenti per quell'anno non è stato calcolabile in quanto i dati disponibili sono risultati inferiori a quelli previsti dalla norma (D.Lgs. 155/2010).

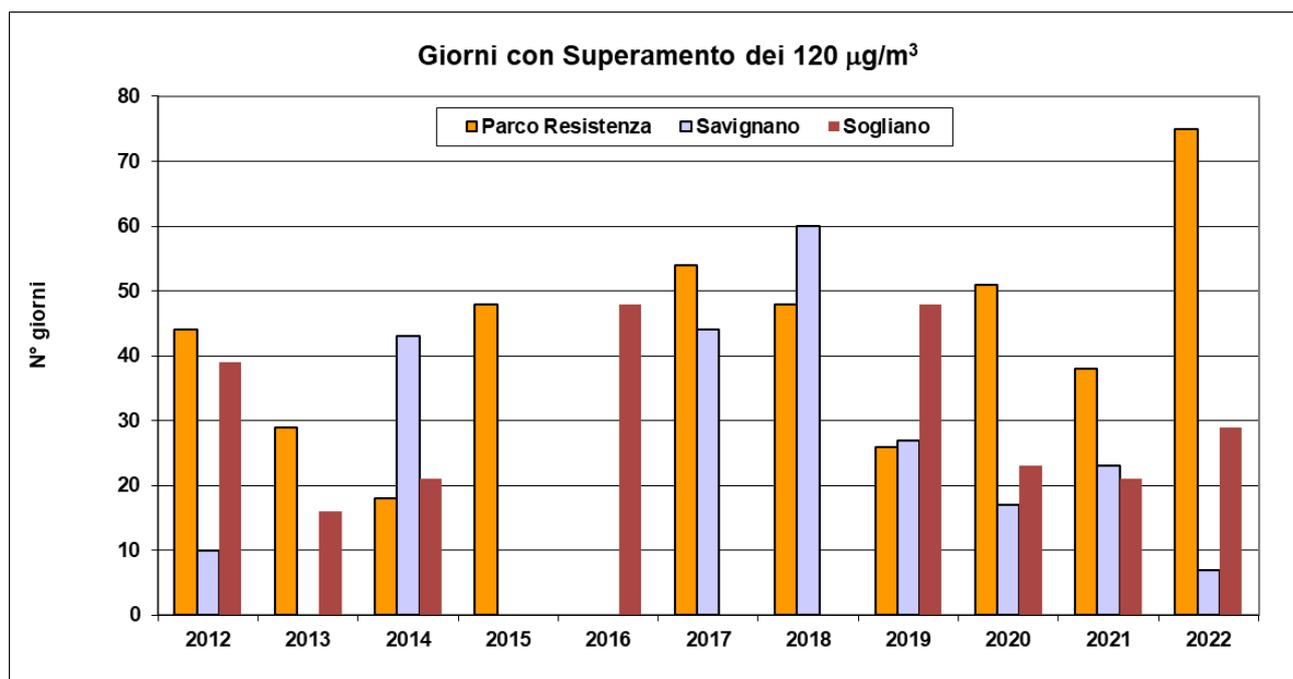


Figura 4.6 – Ozono - Giorni con superamento dei 120 µg/m³- periodo 2012 - 2022

Infine, si riportano in Tabella 4.7 alcuni parametri statistici relativi all'ozono, calcolati nel periodo dal 2012 al 2022.

Tabella 4.7 - Andamento temporale dell'ozono dal 2012 al 2022 (concentrazioni espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stazione: Parco Resistenza

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	44	41	42	45	43	52	48	43	51	51	54
50°Percentile	36	32	35	40	38	47	42	39	49	48	50
90°Percentile	100	92	95	97	95	107	104	89	106	100	113
95°Percentile	117	111	108	113	112	124	121	108	120	115	129
98°Percentile	138	131	123	133	131	144	136	126	136	131	140
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	192	187	189	169	183	203	184	163	191	173	196
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	44	29	18	48	n.c.	54	48	26	51	38	75
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3	3	1	5	1	7	3	0	3	0	6
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	96	97	91	97	96	98	98	100	100	100	100

Stazione: Savignano

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	44	29	48	49	45	51	54	44	47	48	47
50°Percentile	40	25	42	43	38	45	49	36	42	42	40
90°Percentile	90	63	106	101	100	106	111	97	99	99	97
95°Percentile	103	70	120	117	118	119	125	112	112	110	107
98°Percentile	115	77	134	136	135	136	140	128	122	123	116
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	163	98	185	186	184	202	196	175	156	158	164
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10	n.c.	43	n.c.	n.c.	44	60	27	17	23	7
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	2	7	1	3	2	0	0	0	0
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	97	79	98	92	96	98	96	97	99	96	99

Stazione: Sogliano

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	79	70	74	83	76	85	79	85	74	73	73
50°Percentile	79	69	75	79	73	83	79	84	74	73	72
90°Percentile	112	102	106	120	113	117	111	115	106	103	107
95°Percentile	121	111	115	133	125	127	120	125	114	111	117
98°Percentile	136	120	129	145	136	139	130	136	124	122	127
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	195	185	169	180	182	187	164	178	164	152	158
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	39	16	21	n.c.	48	n.c.	n.c.	48	23	21	29
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1	2	0	5	1	4	0	0	0	0	0
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	91	93	98	96	97	94	94	100	97	99	99

"n.c."= non calcolato in quanto i dati disponibili sono risultati inferiori a quelli previsti dalla norma (D.Lgs. 155/2010).

4.3 Benzene C₆H₆

Il benzene è una sostanza che a temperatura ambiente e pressione atmosferica si presenta sotto forma di liquido volatile e incolore dal caratteristico odore pungente.

È il più comune e il più largamente utilizzato degli idrocarburi aromatici ed è impiegato come antidetonante nelle benzine. I veicoli a motore rappresentano infatti la principale fonte di emissione per questo inquinante che viene immesso nell'aria con i gas di scarico. Un'altra sorgente di benzene è rappresentata dalle emissioni di solventi prodotte da attività artigianali ed industriali come ad esempio: produzione di plastiche, resine, detersivi, vernici, collanti, inchiostri, adesivi, prodotti per la pulizia, ecc.

Oltre ad essere uno dei composti aromatici più utilizzati è anche uno dei più tossici, classificato dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) come cancerogeno di classe I per l'uomo.

Valutazione in sintesi

Tabella 4.8 - Benzene: Sintesi valutazioni anno 2022 e trend decennale

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di Benzene (C ₆ H ₆)	2012 – 2022		

Nel 2022 le concentrazioni medie annue del benzene sono inferiori ai limiti normativi, con valori simili a quelli rilevati negli ultimi anni.

La situazione, in relazione al rispetto del limite di legge, non è critica ma, considerata l'accertata cancerogenicità del composto e le concentrazioni comunque significative che si possono registrare durante i mesi invernali, la valutazione dello stato dell'indicatore non può essere considerata positiva.

Tabella 4.9 - C₆H₆: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

<i>Benzene C₆H₆</i> [L.Q. = 0,1 µg/m ³]				<i>Concentrazioni in µg/m³</i>				<i>Limite Normativo</i>
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo orario</i>	<i>Massimo orario</i>	<i>Media Max giornaliera</i>	<i>Media Max settimanale</i>	5,0 µg/m ³
								<i>Media annuale</i>
Roma	Forlì	Traffico	98	< 0,1	8,7	3,2	2,6	0,9

Per il benzene il limite per la protezione della salute umana, entrato in vigore il 1° gennaio 2010, è pari a 5,0 µg/m³ come media annuale.

In Tabella 4.9 sono riassunti i parametri statistici relativi alle concentrazioni di benzene rilevate a Forlì mediante monitoraggio con strumentazione in continuo.

La concentrazione del benzene è inferiore al limite normativo, con un valore medio annuo pari a $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in linea con quelli registrati negli anni precedenti.

In Figura 4.7 sono rappresentate le concentrazioni medie annuali a partire dal 2012: il valore limite, entrato in vigore nel 2010, è sempre stato rispettato e, a partire dal 2012, la concentrazione annuale è stabilmente inferiore a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

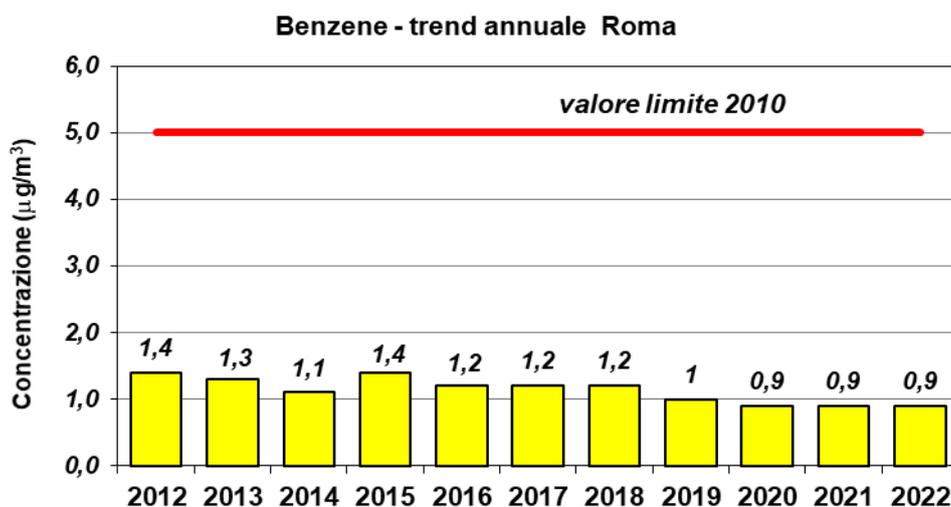


Figura 4.7 - Confronto con i valori limite- D.lgs. 155/10

Il grafico successivo (Figura 4.8) riporta le concentrazioni medie mensili: i valori più alti, si rilevano nella stagione invernale, periodo in cui anche gli altri inquinanti (ad esclusione dell'ozono) manifestano le concentrazioni più elevate.

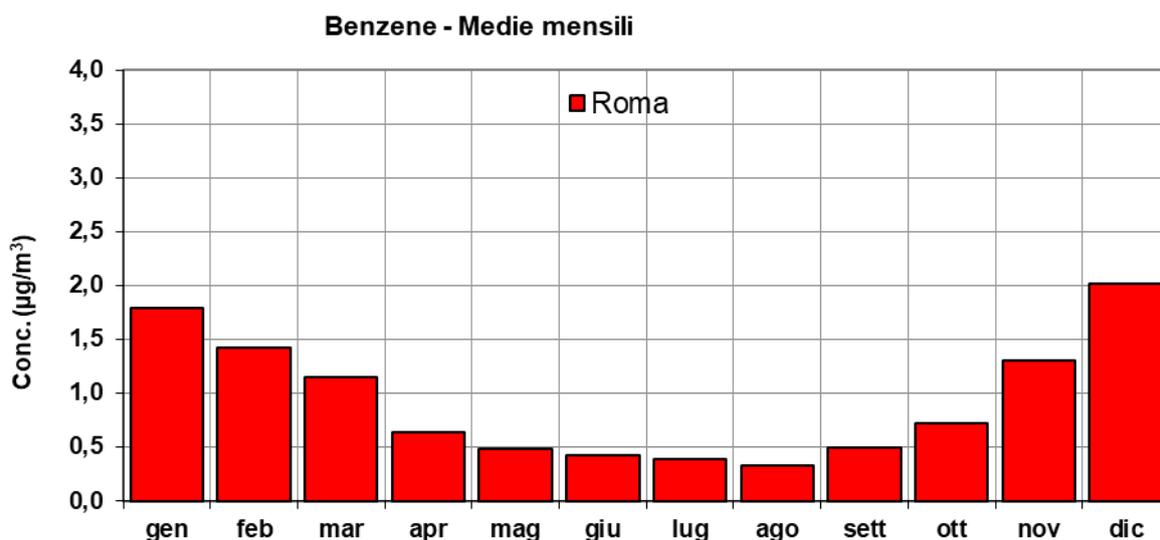


Figura 4.8 - Concentrazioni medie mensili: Roma - Anno 2022

La Tabella 4.10 riporta alcuni parametri statistici delle concentrazioni di benzene a partire dal 2012. Si osserva, negli anni, una progressiva diminuzione della concentrazione e, ad oggi, il dato

risulta stabile su valori contenuti. Tale riduzione è essenzialmente riconducibile alla limitazione del contenuto massimo di benzene e degli idrocarburi aromatici nelle benzine¹.

Tabella 4.10 - Andamento temporale di Benzene dal 2012 al 2022 (concentrazioni espresse in µg/m³)

Stazione: Roma

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	1,4	1,3	1,1	1,4	1,2	1,2	1,2	1	0,9	0,9	0,9
50°Percentile	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	0,9	0,7	0,6	0,7	0,7
90°Percentile	3,0	2,6	2,4	2,9	2,6	2,6	2,4	2,1	2,0	1,9	2,0
95°Percentile	4,0	3,4	2,9	3,9	3,3	3,4	2,9	2,8	2,7	2,5	2,4
98°Percentile	5,1	4,4	3,7	5,2	4,3	4,6	3,6	3,6	3,6	3,2	3,1
Max	11,6	12,1	7,5	11,4	8,3	10,8	7,7	9,3	7,1	14,5	8,7
N° giorni > 5 µg/m³	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
N° giorni >10 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	92	94	95	91	91	98	99	99	96	97	98

¹ Già la legge 413/97 fissava per il benzene e per gli aromatici limiti massimi in percentuale volumetrica (1% in vol per il benzene e 40% in vol per gli aromatici). Il Decreto Legislativo n.66/2005 (recepimento Direttiva 98/70/CE) prevedeva per le benzine i seguenti valori massimi:

- tenore di Piombo: 0.005 g/l,
- contenuto di benzene: 1 % vol;
- contenuto di zolfo: 150 mg/kg fino al 31/12/2004, poi dal 1/1/2005: 50 mg/kg;
- contenuto di aromatici: 42% vol. fino al 31/12/2004, poi dal 1/1/2005, il 35% vol.

Il D.Lgs. n.55/2011 (recepimento della direttiva 2009/30/CE) ha poi stabilito le *specifiche ecologiche* della benzina. Fra queste, i seguenti limiti:

Analisi degli idrocarburi: olefinici 18,0% (v/v) – aromatici 35,0% (v/v) - benzene) 1,0% (v/v)
 Tenore di zolfo: 10,0 mg/kg Tenore di piombo: 0,005 g/l

4.4 Toluene (C₇H₈) e Xileni (C₈H₁₀)

Il Toluene è un liquido volatile ed incolore dall'odore fruttato e pungente; è un idrocarburo aromatico principalmente utilizzato come sostituto del benzene, sia come reattivo che come solvente. Come solvente viene impiegato per sciogliere resine, grassi, oli, vernici, colle, coloranti e molti altri composti. E' contenuto anche nelle benzine,

Il termine Xileni si riferisce alla miscela di tre composti isomeri derivati dal benzene, chiamati rispettivamente orto-xilene, meta-xilene e para-xilene, le cui proprietà chimiche variano leggermente da isomero a isomero.

Gli Xileni si presentano a temperatura e pressione ambientale in forma di liquido incolore avente un odore lievemente dolce; sono anch'essi idrocarburi aromatici infiammabili e nocivi. Si trovano naturalmente nel petrolio e nel catrame: le industrie chimiche producono Xileni a partire dal petrolio ed sono utilizzati come solvente nella stampa, per la lavorazione delle gomme e del cuoio, come agente pulente per acciai, e come diluente per vernici. Il p-xilene viene usato anche nel confezionamento di alimenti. Si possono formare anche negli incendi boschivi.

Valutazione in sintesi

Tabella 4.11 – Toluene e Xileni: Sintesi valutazione anno 2022 e trend decennale

Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione media annuale di Toluene (C ₇ H ₈) e Xileni (C ₈ H ₁₀)	2012 – 2022		

La normativa nazionale non fissa valori limite di qualità dell'aria per toluene e xileni, mentre l'OMS indica dei valori guida, che corrispondono alle concentrazioni al di sopra delle quali si possono riscontrare effetti sulla salute della popolazione non esposta professionalmente,

Toluene e xileni vengono misurati nelle stesse stazioni in cui si effettua la misura del benzene quindi, nella stazione di Traffico urbano (Roma).

Nel 2022 i valori di Toluene e Xileni misurati in tutte le postazioni hanno concentrazioni massime ben al di sotto dei valori guida dell'OMS.

In modo analogo al benzene, a partire dal 2012 le concentrazioni di entrambi gli inquinanti sono progressivamente diminuite in tutte le stazioni.

Tabella 4.12 - Toluene e Xileni: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

Toluene C_7H_8				Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$				OMS
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza%</i>	<i>Massimo orario</i>	<i>Media Max giornaliera</i>	<i>Max Media settimanali</i>	<i>Media annuale</i>	<i>260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>
								<i>Media settimanale</i>
Roma	Forlì	Traffico	98	25,6	6,6	4,8	2,5	4,8
Xileni C_8H_{10}				Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$				OMS
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza%</i>	<i>Massimo orario</i>	<i>Media Max giornaliera</i>	<i>Max Media settimanali</i>	<i>Media annuale</i>	<i>4800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>
								<i>Media 24 ore</i>
Roma	Forlì	Traffico	98	16,5	4,5	2,9	1,4	4,5

Relativamente allo xilene, si misurano 3 isomeri: m-xilene, p-xilene e o-xilene,

La Tabella 4.12 sintetizza le elaborazioni statistiche relative a tutti i campionamenti effettuati e la Figura 4.9 riporta le medie mensili.

Le concentrazioni massime rilevate in tutte le postazioni sono ben al di sotto dei valori guida dell'OMS (riportati in verde nell'ultima colonna in Tabella 4.12).

Toluene e xileni presentano un andamento stagionale meno marcato rispetto al benzene anche se, anche per questi inquinanti, le concentrazioni sono più alte in inverno e più contenute in estate.

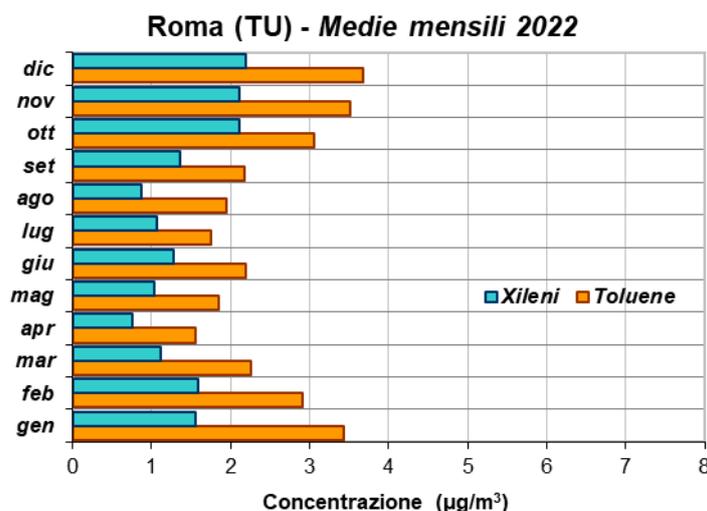


Figura 4.9 -Toluene e Xileni: concentrazioni medie mensili – anno 2022

In Tabella 4.13 sono riportati alcuni parametri statistici relativi a toluene e xileni per la serie storica dal 2012 al 2022.

Tabella 4.13 - Andamento temporale di Toluene e Xileni dal 2012 al 2022 (concentrazioni espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stazione: Roma

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Toluene											
% dati validi	92	94	95	91	91	98	99	99	96	97	98
Media	4,3	3,7	3,9	4,7	3,8	3,4	3,5	3,4	2,5	2,5	2,5
Max orario	57,9	40,3	33,3	48,1	27,6	32,4	38,4	31,3	32,4	45,2	25,6
Xileni											
% dati validi	92	94	95	91	91	98	99	99	96	97	98
Media	1,9	2,1	1,9	2,6	2,2	2,0	1,9	1,7	1,2	1,3	1,4
Max orario	23	25,6	19,4	29,1	20,6	27,9	18,1	24,0	17,6	30,9	16,5

4.5 Particolato PM10

Con il termine PM10 si intende l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide aventi diametro aerodinamico inferiore o uguale a 10 μm , In generale il particolato di queste dimensioni permane in atmosfera per lunghi periodi e può essere trasportato anche a distanza considerevole dal punto di emissione, Il PM10, che ha una natura chimica particolarmente complessa e variabile, è in grado di penetrare nell'apparato respiratorio umano e avere effetti negativi sulla salute.

Il particolato può essere emesso direttamente dalle sorgenti in atmosfera (primario) oppure formarsi in atmosfera attraverso reazioni chimiche fra altre specie di inquinanti, come ad esempio gli ossidi di zolfo e di azoto, i composti organici volatili (COV) e l'ammoniaca (particolato secondario).

Il PM10 può essere emesso da sorgenti naturali: eruzioni vulcaniche, erosione dei venti sulle rocce, incendi boschivi, o da sorgenti antropiche: tra queste una delle più significative è il traffico veicolare.

Questo inquinante è oggetto di numerosi studi a livello internazionale per la valutazione dell'impatto sanitario, ricerche che hanno portato l'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) a affermare che «vi è una stretta, relazione quantitativa tra l'esposizione ad alte concentrazioni di particolato (PM10 e PM2.5) e un aumento della mortalità e morbilità, sia quotidiana sia nel tempo, [...] Il particolato fine ha effetti sulla salute, anche a concentrazioni molto basse, infatti non è stata identificata una soglia al di sotto della quale non si osservano danni alla salute». Pertanto, l'OMS, pur indicando dei valori guida (per il PM10: 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale e 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media sulle 24 ore), pone l'obiettivo di raggiungere «le più basse concentrazioni di PM possibile».

Valutazione in sintesi

Tabella 4.14 - PM10: Sintesi valutazione anno 2022 e trend

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di particolato PM10	2017 – 2022		
Numero superamenti del limite giornaliero per particolato PM10	2017 – 2022		

Il PM10 viene misurato in tutte le stazioni della rete.

Nel 2022 il limite della media annuale del PM10 (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e il limite giornaliero (media giornaliera di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte in un anno) sono stati rispettati in tutte le stazioni della Provincia di Forlì-Cesena.

Il valore guida dell'OMS di 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale è stato superato in tutte le stazioni, tranne in quella di Sogliano (Fondo rurale), mentre il valore guida di 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come concentrazione sulle 24 ore è stato superato in tutte le stazioni.

La media annuale, già da diversi anni, si attesta attorno al valore di 20-25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tuttavia il PM10 resta un inquinante critico sia per i diffusi superamenti del limite di breve periodo sia per gli importanti effetti che è stato dimostrato avere sulla salute.

Considerata la classificazione data a questo inquinante dallo IARC e le concentrazioni significative misurate, soprattutto in periodo invernale, la valutazione dello stato dell'indicatore non può essere considerata positiva.

Tabella 4.15 - PM10: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

PM10 [L.Q. = 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$]				Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Limiti Normativi	
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienz a%	Minimo	Massimo	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <i>Valore guida OMS: 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>	Max 35 <i>Valore guida OMS: 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare mai</i>
						Media anno	N° giorni Sup, 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Franchini-Angeloni	Cesena	Fondo Urbano	99	4	75	25	20 (OMS 31)
Parco Resistenza	Forlì	Fondo Urbano	96	0	73	23	15 (OMS 25)
Roma	Forlì	Traffico	98	5	80	26	27 (OMS 38)
Savignano	Savignano sul Rubicone	Fondo Suburbano	98	3	79	27	27 (OMS 48)
Sogliano	Sogliano	Fondo Rurale	98	0	65	13	4 (OMS 4)

Nel 2022, quindi, il limite della media annuale è stato rispettato in tutte le postazioni, così come il limite giornaliero (media giornaliera di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte in un anno) (Tabella 4.15).

Le Figure 4.10 e 4.11 riportano l'andamento negli ultimi sei anni rispettivamente della media annuale e del numero di giorni con concentrazioni superiori a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: nel 2022 la media annuale è in linea con quella degli anni precedenti, mentre il numero di superamenti è inferiore.

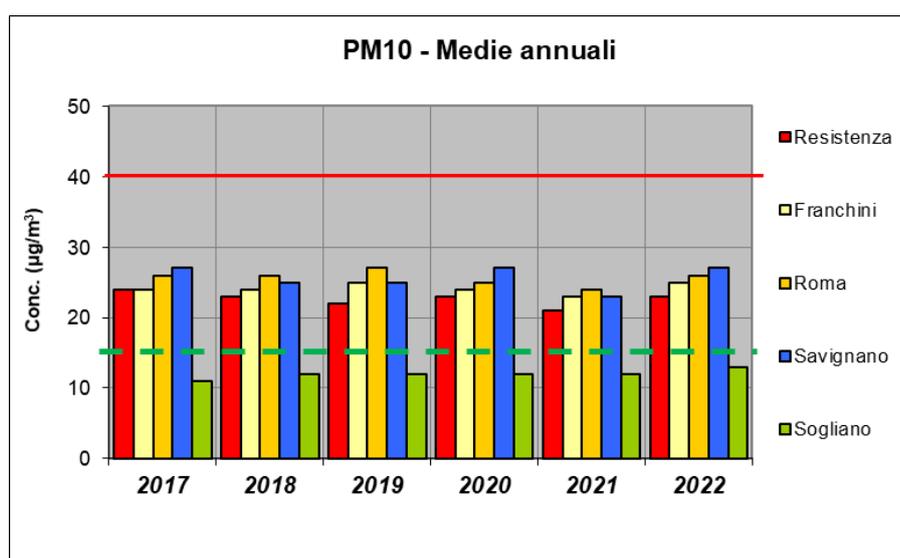


Figura 4.10 – PM10 medie annuali

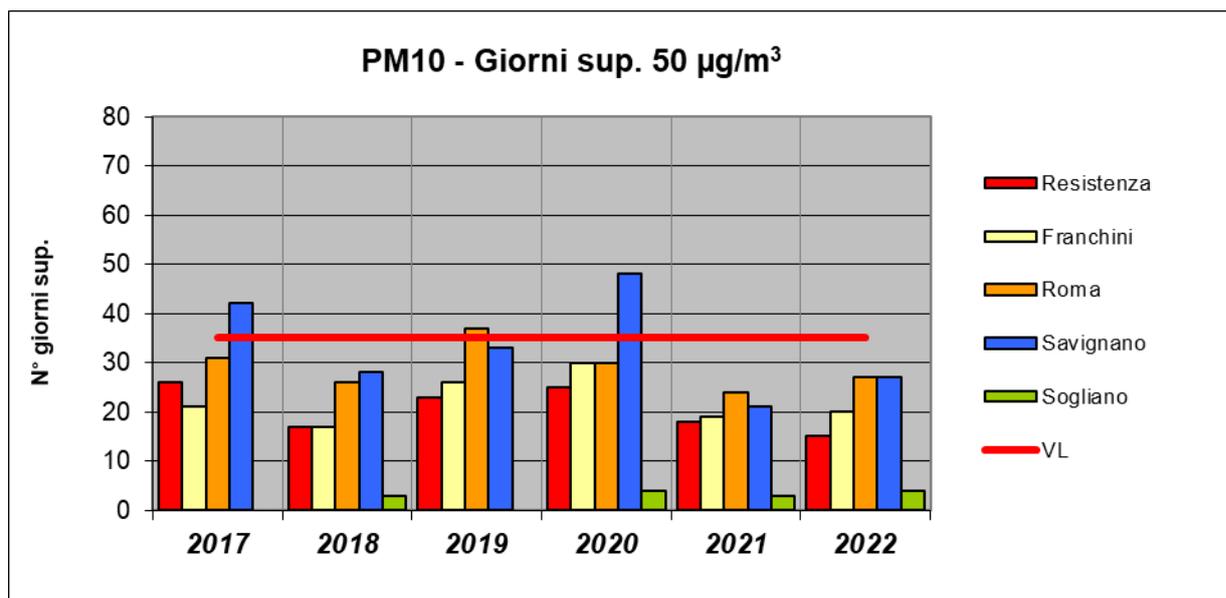


Figura 4.11 – PM10 giorni con superamento dei 50 µg/m³

Il grafico di Figura 4.12 (superamenti cumulati) consente di visualizzare fino a quale giorno dell'anno, nelle diverse stazioni, il limite di breve periodo è stato rispettato; nel 2022 il limite è stato sempre rispettato.

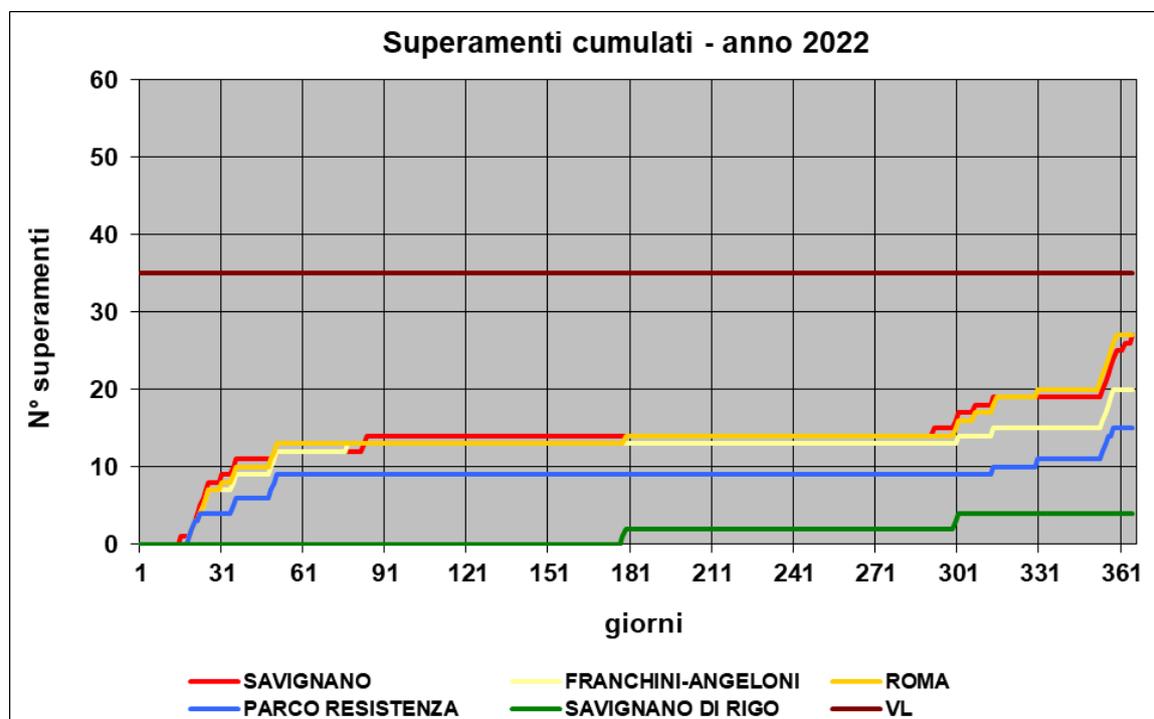


Figura 4.12 – PM10 Superamenti cumulati

Le medie mensili di PM10 (Figura 4.13), come prevedibile, sono più elevate nei mesi invernali. In generale le concentrazioni più basse sono state misurate a Sogliano (Fondo rurale) con il valore minimo nel mese di Dicembre.

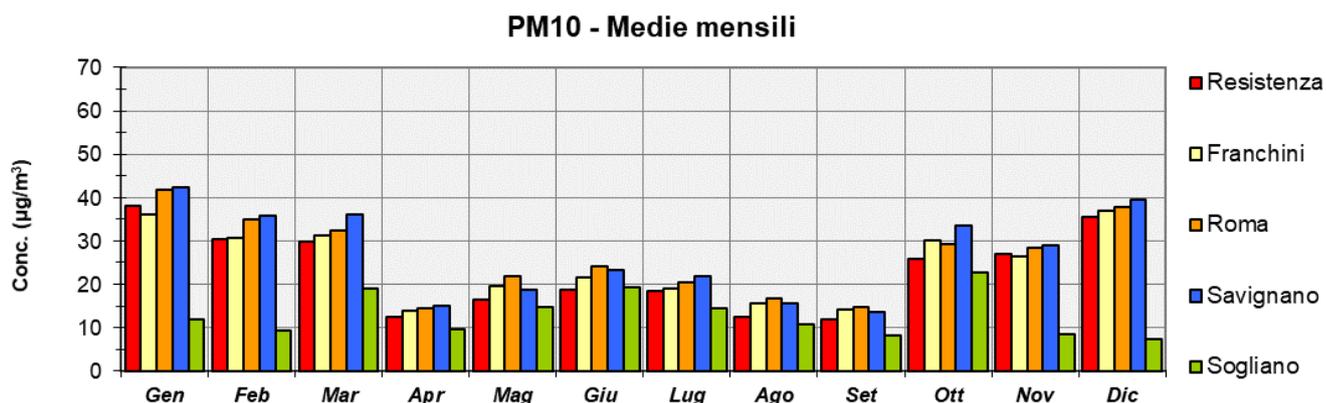


Figura 4.13 - PM10 medie mensili

Infine, la Tabella 4.16 riporta alcuni parametri relativi al PM10, calcolati a partire dal 2017.

Tabella 4.16 – Andamento temporale PM10 dal 2017 al 2022 (dati giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stazione: Franchini-Angeloni

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	24	24	25	24	23	25
50°Percentile	20	21	21	19	19	22
90°Percentile	44	41	44	46	42	44
95°Percentile	54	50	56	60	53	52
98°Percentile	70	58	71	80	60	60
Max	150	78	81	127	100	75
> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	21	17	26	30	19	20
% dati validi	95	98	98	98	98	99

Stazione: Parco Resistenza

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	24	23	22	23	21	23
50°Percentile	18	20	18	17	17	20
90°Percentile	47	42	43	44	38	43
95°Percentile	54	49	53	59	50	49
98°Percentile	75	57	65	74	61	57
Max	156	78	79	105	97	73
> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	26	17	23	25	18	15
% dati validi	98	97	97	98	98	96

Stazione: Roma

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	26	26	27	25	24	26
50°Percentile	20	22	22	20	20	23
90°Percentile	48	45	52	47	44	47
95°Percentile	57	56	60	63	50	55
98°Percentile	75	65	70	80	61	63
Max	140	94	87	105	104	80
> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	31	26	37	30	24	27
% dati validi	98	98	98	98	99	98

Stazione: Savignano

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	27	25	25	27	23	27
50°Percentile	21	21	21	19	19	24
90°Percentile	54	46	49	57	43	48
95°Percentile	62	54	62	71	55	56
98°Percentile	79	63	69	85	62	65
Max	140	82	86	133	105	79
> 50 µg/m ³	42	28	33	48	21	27
% dati validi	98	99	97	95	91	98

Stazione: Sogliano

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	11	12	12	12	12	13
50°Percentile	10	11	10	10	9	11
90°Percentile	20	22	22	21	21	24
95°Percentile	23	26	28	26	26	27
98°Percentile	31	32	36	35	36	35
Max	42	62	45	126	67	65
> 50 µg/m ³	0	3	0	4	3	4
% dati validi	98	97	94	95	94	98

4.6 Particolato PM2.5

Con il termine particolato fine PM2.5, si intende l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide aventi diametro aerodinamico medio inferiore a 2,5 µm. In generale il particolato di queste dimensioni microscopiche e inalabili penetra in profondità attraverso l'apparato respiratorio, dai bronchi sino agli alveoli polmonari e riesce anche, attraverso la mucosa, ad arrivare al sangue.

Il particolato PM2.5 può essere di origine primaria, quando è emesso direttamente dalle sorgenti in atmosfera o secondario, quando si forma in atmosfera attraverso reazioni chimiche fra altri composti, come ad esempio gli ossidi di zolfo e di azoto, i composti organici volatili (COV) e l'ammoniaca.

Il particolato fine può essere emesso da sorgenti naturali, ad esempio eruzioni vulcaniche, erosione del suolo, incendi boschivi e aerosol marino, o da sorgenti antropiche, tra le quali traffico veicolare, utilizzo di combustibili (carbone, combustibili liquidi, rifiuti, legno, rifiuti agricoli) e emissioni industriali (cementifici, fonderie).

Questo inquinante – come il PM10 - è oggetto di numerosi studi a livello internazionale per la valutazione dell'impatto sulla salute umana: queste ricerche hanno portato l'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) a affermare che «La maggior parte delle particelle che danneggiano la salute sono quelle con un diametro di 10 micron o meno, (PM10), che possono penetrare e depositarsi in profondità nei polmoni, L'esposizione cronica alle particelle contribuisce al rischio di sviluppare malattie cardiovascolari e respiratorie, nonché di cancro ai polmoni, [...] Vi è una stretta relazione quantitativa tra l'esposizione ad alte concentrazioni di particolato fine e un aumento della mortalità e morbilità, sia quotidiana sia nel tempo, [...] Il particolato fine ha effetti sulla salute anche a concentrazioni molto basse, infatti non è stata identificata una soglia al di sotto della quale non si osservano danni alla salute», Pertanto, l'OMS, pur indicando dei valori guida (per il PM2.5: 5 µg/m³ come media annuale e 25 µg/m³ come media sulle 24 ore), pone l'obiettivo di raggiungere «le più basse concentrazioni di PM possibile».

Valutazione in sintesi

Tabella 4.17 – PM2.5: Sintesi valutazione anno 2022 e trend

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di Particolato fine (PM2.5)	2017– 2022		

Il PM2.5, data la sua origine prevalentemente secondaria, si misura nelle stazioni di Fondo.

Nel 2022 il valore limite della media annuale del PM2.5 (25 µg/m³) è stato rispettato in tutte le postazioni, così come il “limite indicativo” (20µg/m³): situazione da consolidare, e possibilmente migliorare, anche nei prossimi anni, considerato l'impatto che l'inquinante ha sulla salute.

I valori più elevati si sono registrati nella stazione di Savignano. La stagione più critica è sempre quella invernale, quando le concentrazioni di PM2.5 rappresentano oltre il 65% di quelle di PM10. Considerata la classificazione di questo inquinante da parte dell'OMS e le concentrazioni significative che si rilevano - se confrontate con i valori guida dell'OMS - la valutazione dello stato dell'indicatore – nonostante il rispetto del limite - non può essere considerata positiva.

Tabella 4.18 - PM2.5: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

PM2.5 [L.Q. = 3 µg/m ³]				Concentrazioni in µg/m³		Limite Normativo	Limite indicativo
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza%	Minimo	Massimo	25 µg/m³ <i>Valore guida OMS: 5 µg/m³</i>	20 µg/m³
						Media anno	Media anno
Parco Resistenza	Forlì	Fondo Urbano	99	0	54	14	14
Savignano	Savignano sul Rubicone	Fondo Suburbano	98	0	62	17	17

Nelle stazioni della Rete regionale di Forlì-Cesena il PM2.5 viene monitorato nelle centraline di Fondo Urbano (Parco Resistenza), Fondo Suburbano (Savignano).

Il D.lgs. 155/2010, relativamente al PM 2.5, contempla due Fasi:

- Fase 1: a partire dal 1/1/ 2015, il valore limite della media annuale del PM2.5 è 25 µg/m³;
- Fase 2: dal 1/1/2020, doveva essere raggiunto un “Valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell’articolo 22, comma 6, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m³ e delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull’ambiente, la fattibilità tecnica e l’esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri”. Tale decreto ad oggi, non è stato emanato e pertanto il valore di 20 µg/m³ viene di seguito riportato come “limite indicativo”.

Nel 2022, nella rete di Forlì-Cesena, in tutte le stazioni è rispettato sia il valore limite della media annuale (25 µg/m³), sia il “limite indicativo” (20 µg/m³).

Non è invece rispettato in nessuna postazione il valore guida dell’OMS, più restrittivo (5 µg/m³) (Tabella 4.18).

Di seguito si riporta il grafico con le medie mensili (Figura 4.14): solo nei mesi estivi (aprile-settembre) le concentrazioni nelle stazioni di fondo sono inferiori a 10 µg/m³.

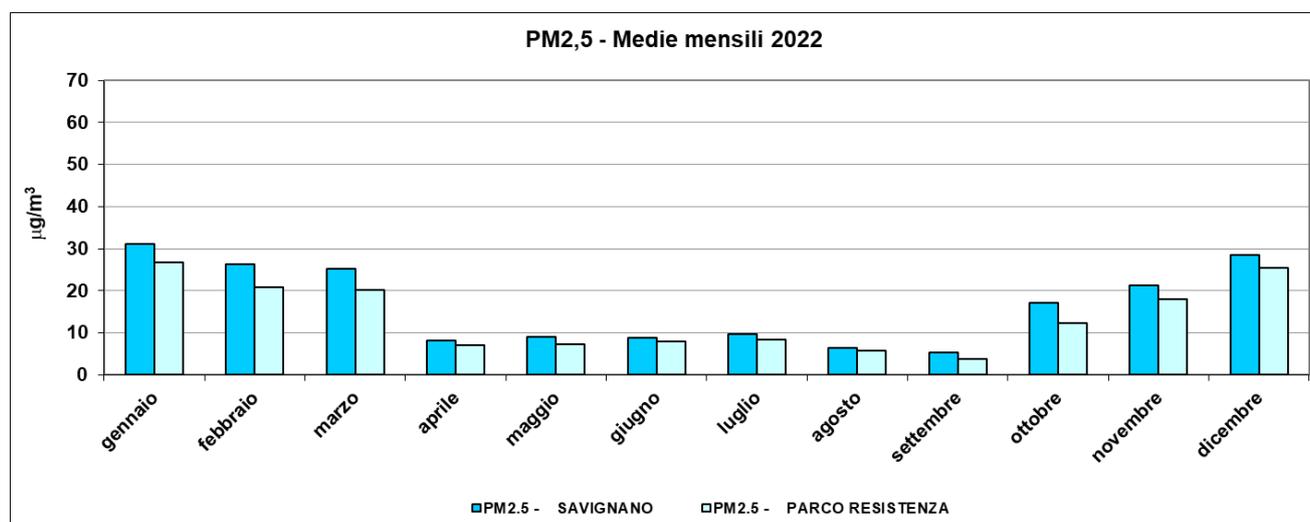


Figura 4.14 - PM2.5: medie mensili 2022

In Figura 4.15a sono riportate le medie annuali rilevate dal 2017 nelle stazioni provinciali della RRQA, messe a confronto con il limite previsto dalla normativa ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – linea rossa), il valore indicativo della fase 2 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – linea nera) e il valore guida dell'OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - linea verde). Negli ultimi sei anni, nessuna stazione ha superato né il limite normativo né quello indicativo, mentre il valore guida dell'OMS continua ad essere superato abbondantemente in tutte le postazioni.

Indicativo, anche se non costituisce un limite di legge, è il numero di superamenti della media giornaliera raccomandata dall'OMS-AQG. Fino al 2020 tale valore guida era fissato a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre dal 2021 è stato ristretto a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi, da tale anno il numero di superamenti è maggiore rispetto agli anni precedenti (Figura 4.15b).

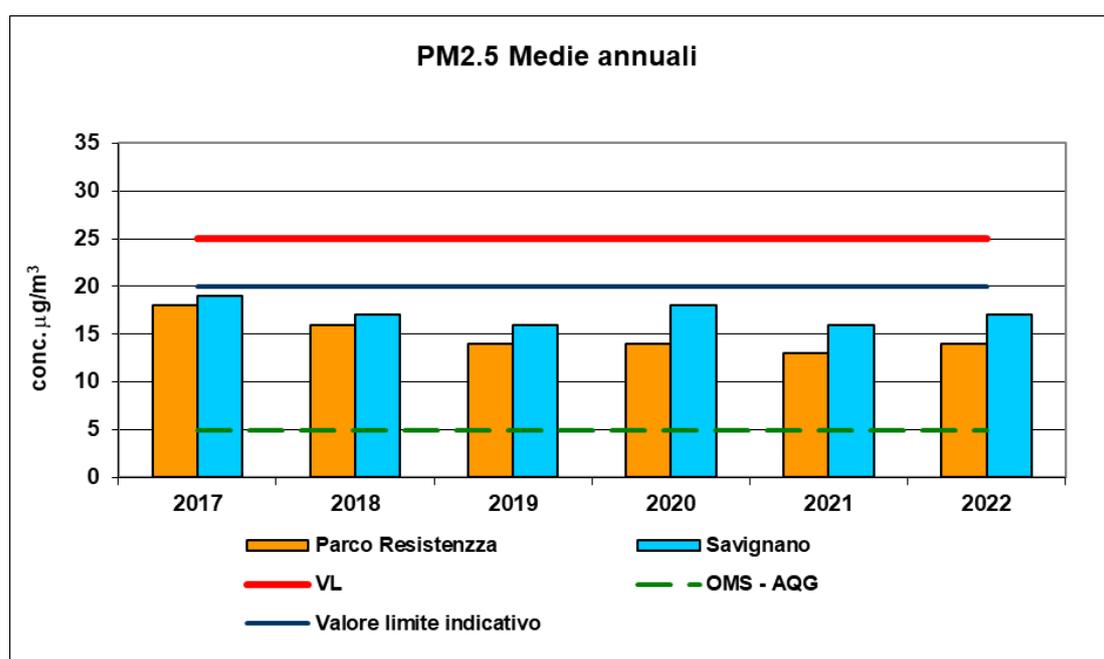


Figura 4.15a - PM2.5: medie annuali nell'intervallo 2017 – 2022

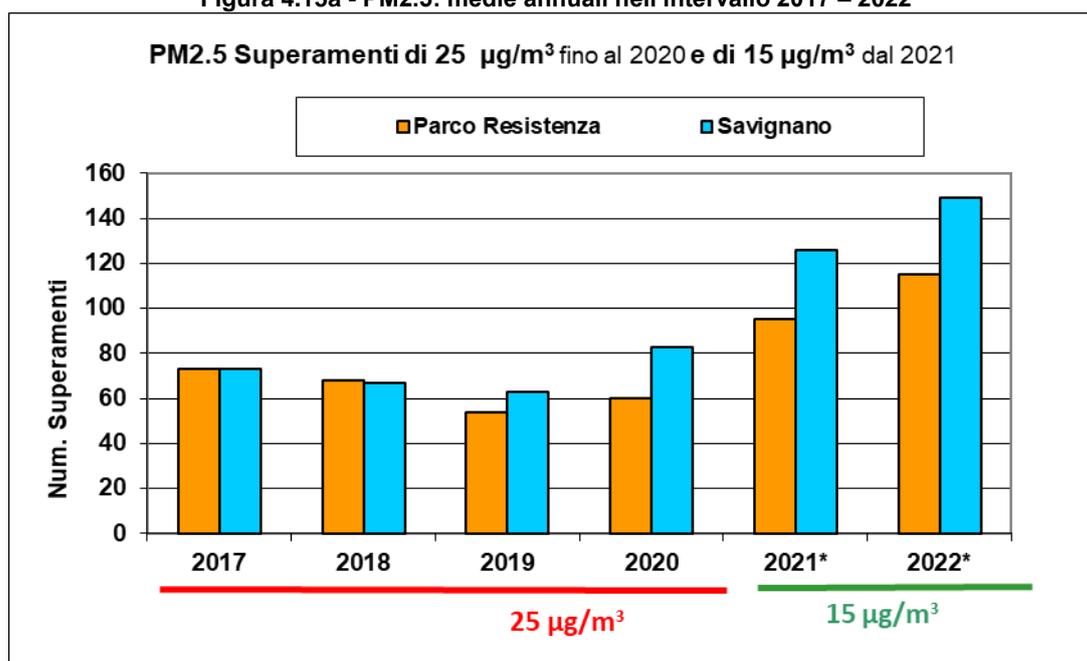


Figura 4.15b - PM2.5: N° superamenti della media giornaliera di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nell'intervallo 2017 – 2020 e di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dal 2021

Nelle stazioni di Parco Resistenza e Savignano sono presenti due strumenti per la misurazione di particolato PM10 e PM2.5; per ogni stazione è stata calcolata, e riportata in grafico, la media mensile del rapporto percentuale giornaliero delle concentrazioni delle due frazioni granulometriche, PM2.5/PM10 (Figura 4.16).

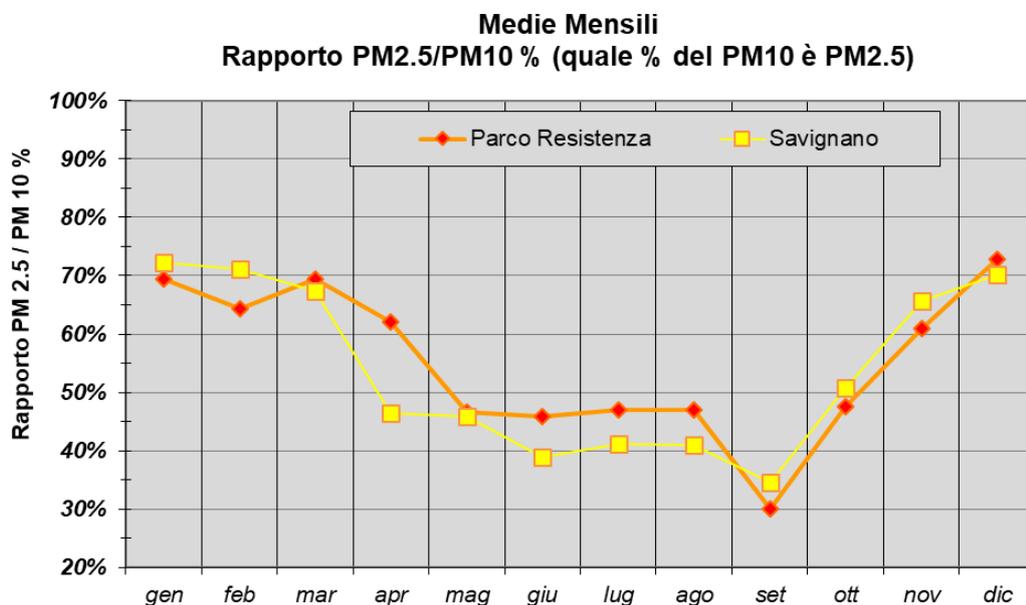


Figura 4.16 - Rapporto PM2.5/PM10: medie mensili 2022 (quale % del PM10 è PM2.5)

Dagli andamenti del rapporto si osserva una spiccata stagionalità: la quota di particolato fine (PM 2.5) è maggiore nei mesi invernali quando oltre il 60% del PM10 è costituito da PM 2.5.

Il PM10 è generato, per una quota significativa, per azione meccanica mentre il particolato più fine (PM2.5) deriva prevalentemente dalla combustione e/o è di origine secondaria, cioè è prodotto in atmosfera a partire da precursori gassosi quali ossidi di azoto (nitrati), ossidi di zolfo (solfati), ammoniaca, composti organici volatili.

La maggior quota di particolato PM2.5 durante i mesi invernali può, quindi, essere in relazione con:

- l'aumento delle emissioni primarie derivanti dai processi di combustione (traffico, riscaldamento), quantitativamente più rilevanti in questo periodo dell'anno;
- l'incremento della componente secondaria legata ad una maggiore presenza di precursori in atmosfera.

Infine, la Tabella 4.19 riporta alcuni parametri statistici relativi al PM 2.5, calcolati a partire dal 2017.

Tabella 4.19 - Andamento temporale PM2.5 dal 2017 al 2022 (dati giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)**Stazione: Parco Resistenza**

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	18	16	14	14	13	14
50°Percentile	11	12	10	9	9	10
90°Percentile	39	34	33	33	27	30
95°Percentile	47	41	40	42	34	37
98°Percentile	68	51	50	53	45	44
Max	143	78	63	79	76	54
> 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2016-2020)	73	68	54	60	-	-
> 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2021)	-	-	-	-	95	115
% dati validi	98	97	99	98	98	99

Stazione: Savignano

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media	19	17	16	18	16	17
50°Percentile	13	12	11	10	12	12
90°Percentile	44	37	38	45	35	35
95°Percentile	50	45	46	53	42	39
98°Percentile	66	50	53	66	53	48
Max	122	70	61	94	79	62
> 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2016-2020)	73	67	63	83	-	-
> 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2021)	-	-	-	-	126	149
% dati validi	85	90	96	97	98	98

Nota: il dato in rosso indica che in quell'anno non è stata raggiunta l'efficienza prevista dal D.lgs 155/2010 per poter procedere all'elaborazione degli indicatori previsti.