



Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Rimini

Anno 2023



Edizione Giugno 2024

Gli operatori di **ARPAE – Sezione di Rimini** che hanno collaborato:

**Gestione monitor e
postazioni**

Cinzia Para
Bernardi Federica
Daniele Foscoli
Roberto Vecchione

Analisi di laboratorio

Ivan Scaroni
Michela Comandini
Marilena Montalti
Alberto Santolini
Davide Verna
Claudia Zigola

Elaborazione dati

Francesca Liguori
Cinzia Para
Bernardi Federica
Daniele Foscoli
Roberto Vecchione

Redazione relazione

Francesca Liguori
Cinzia Para
Bernardi Federica
Daniele Foscoli
Roberto Vecchione

*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

	Pag.
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 Revisione della Direttiva Europea relativa alla qualità dell'aria	6
1.4 Zonizzazione della Provincia di Rimini	7
1.5 Limiti di quantificazione strumentali	10
2 – LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	11
2.1 Configurazione della Rete Regionale	11
2.2 Configurazione della Rete di Rimini	12
2.3 Stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) di Rimini	14
3 - LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE NEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI RAVENNA, RIMINI E FORLÌ-CESENA	17
3.1 - Gli Indicatori meteorologici per lo studio della qualità dell'aria	17
3.2 - Andamento meteorologico del 2022 nella Provincia di Ravenna, Rimini e Forlì-Cesena	20
3.2.1 Temperatura	20
3.2.2 Precipitazioni	25
3.2.3 Intensità e direzione del vento	28
4 - VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI RIMINI	34
4.1 Biossido di Azoto NO ₂ e Ossidi di Azoto NO _x	34
4.2 Monossido di Carbonio CO	42
4.3 Ozono O ₃	45
4.4 Benzene C ₆ H ₆	54
4.5 Toluene C ₇ H ₈ e Xileni C ₈ H ₁₀	57
4.6 Particolato PM10	61

4.7 Particolato PM2.5	67
4.8 Analisi sul particolato	73
4.8.1 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	73
4.8.1.1 Rapporti diagnostici	78
4.8.2 Metalli	82
 5 - CONCLUSIONI	 90

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".

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	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Giornaliero (non più di 3 volte all'anno)	125	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Biossido di azoto	Orario (per non più di 18 volte all'anno)	200	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Annuo	40	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Benzene	Annuo	5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
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	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Annuo	40	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Particolato PM 2.5	Annuo al 2015	25	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Annuo - Valore limite indicativo	20	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Piombo	Anno	0.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

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	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Invernale (1 ott.- 31 mar.)	20	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ossidi di azoto (NOx)	Annuo	30	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

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

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	Soglia di Allarme	
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).

Valori obiettivo			
Finalità	Periodo di mediazione	Valore obiettivo	Data raggiungimento ⁽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)
Obiettivi a lungo termine			
Finalità	Periodo di mediazione	Obiettivo a lungo termine	Data raggiungimento ⁽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.

Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
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 Legislativo 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/m ³
Cadmio		5,0 ng/m ³
Nichel		20,0 ng/m ³
Benzo(a)pirene		1,0 ng/m ³

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.

<i>Nome</i>	<i>Classificazione IARC</i>	<i>Nome</i>	<i>Classificazione IARC</i>
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.

In fine a livello di normativa italiana si riporta anche il riferimento al Decreto del 30 marzo 2017 emanato dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare di concerto con Il Ministro della salute relativo alle «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.

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 $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- biossido di zolfo: il valore sulle 24 ore passa da 20 a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- monossido di carbonio: si introduce un valore sulle 24 ore pari a $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$

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):

<i>Sostanza</i>	<i>Valore guida</i>	<i>Tempo di mediazione</i>
OMS-AQG⁽¹⁾ – valori guida 2021		
NO₂	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	annuale
	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 ora
	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24 ore
SO₂	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24 ore
	$500 \mu\text{g}/\text{m}^3$	10 min
O₃	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	8 ore
	$60 \mu\text{g}/\text{m}^3$	picco stagionale*
PM₁₀	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$	annuale
	$45 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24 ore
PM_{2.5}	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	annuale
	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24 ore
OMS-AQG – valori guida 2021		
CO	$4 \text{ mg}/\text{m}^3$	24 ore
	$100 \text{ mg}/\text{m}^3$	15 min
	$35 \text{ mg}/\text{m}^3$	1 ora
	$10 \text{ mg}/\text{m}^3$	8 ore
Toluene	$260 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Media settimanale
Xileni	$4800 \mu\text{g}/\text{m}^3$	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 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

<i>Sostanza</i>	<i>Rischio unitario</i> Indice di rischio/tempo di vita ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹
BENZENE	6×10^{-6}
IPA (BaP)	8.7×10^{-2}
NICHEL	3.8×10^{-4}
ARSENICO	1.5×10^{-3}
CROMO esavalente	$(1.1 \div 13) \times 10^{-2}$

Tabella 1.9 Indice di rischio unitario (OMS)

1.3 – Revisione della Direttiva Europea relativa alla qualità dell'aria

L'aria pulita è essenziale per la salute umana e per la salvaguardia dell'ambiente. Negli ultimi trent'anni l'Unione europea (UE) ha ottenuto notevoli miglioramenti nella qualità dell'aria grazie agli sforzi congiunti che ha messo in campo assieme alle autorità nazionali, regionali e locali degli Stati membri al fine di ridurre gli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico: si è passati da circa un milione di decessi prematuri all'anno ad inizio anni 90 ai circa 300 000 di oggi (in Italia sono circa 47000 l'anno). Resta comunque un numero consistente di malattie come l'asma, i problemi cardiovascolari e il cancro ai polmoni attribuiti all'inquinamento atmosferico (e soprattutto al particolato, al biossido di azoto e all'ozono) e continua ad essere la prima causa ambientale di morte precoce nell'UE colpendo in modo particolare i gruppi vulnerabili (bambini, anziani e persone con patologie pregresse). Inoltre l'inquinamento atmosferico minaccia l'ambiente attraverso l'acidificazione, l'eutrofizzazione e i danni da ozono che colpiscono foreste, ecosistemi e colture con un impatto significativo sulla biodiversità.

Nel novembre 2019 la Commissione ha pubblicato il controllo dell'adeguatezza delle direttive sulla qualità dell'aria ambiente (direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE), nel quale si conclude che le direttive sono state parzialmente efficaci relativamente al miglioramento e all'adempimento delle norme in materia di qualità dell'aria, in quanto non tutti i loro obiettivi sono stati raggiunti.

Nel dicembre 2019, nel Green Deal europeo, la Commissione europea si è impegnata a migliorare ulteriormente la qualità dell'aria e ad allineare maggiormente le norme dell'UE in materia di qualità dell'aria alle raccomandazioni dell'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) aggiornate al 2021. Nel maggio 2021 l'obiettivo di un maggiore allineamento ai più recenti risultati scientifici è stato confermato nel **“piano d'azione per l'inquinamento zero”**, nel quale si prevede, **entro il 2050**, di ridurre l'inquinamento dell'aria, nonché dell'acqua e del suolo, a livelli che non siano più considerati nocivi per la salute e gli ecosistemi naturali e che rimangano entro limiti che il nostro pianeta può sostenere, così da creare un ambiente privo di sostanze tossiche.

Sono stati inoltre introdotti **traguardi per il 2030**, due dei quali sull'aria:

- ridurre di oltre il 55 % gli effetti nocivi sulla salute (decessi prematuri) dell'inquinamento atmosferico
- ridurre la percentuale di ecosistemi dell'UE nei quali l'inquinamento atmosferico minaccia la biodiversità del 25 %.

Norme più rigorose in materia di qualità dell'aria contribuirebbero anche agli obiettivi del piano europeo di lotta contro il cancro. Nel Green Deal europeo la Commissione ha inoltre annunciato che rafforzerà il monitoraggio, la modellizzazione e la pianificazione della qualità dell'aria.

Nell'ottobre del 2022 la Commissione Europea ha proposto una bozza di revisione delle direttive sulla qualità dell'aria ambiente che comporterebbe la loro fusione in un'unica direttiva con l'obiettivo di:

- allineare maggiormente le norme dell'UE in materia di qualità dell'aria alle raccomandazioni dell'OMS;
- migliorare ulteriormente il quadro legislativo (ad esempio in relazione alle sanzioni e all'informazione del pubblico);
- offrire un migliore sostegno alle autorità locali nel conseguire l'obiettivo di garantire un'aria più pulita rafforzando il monitoraggio, la modellizzazione e i piani per la qualità dell'aria

La valutazione d'impatto indica che i benefici della revisione proposta per la società sono di gran lunga superiori ai costi e riguardano principalmente la salute (tra cui la riduzione della mortalità e

della morbidità, della spesa per l'assistenza sanitaria e delle assenze dal lavoro dovute a malattia, nonché l'aumento della produttività sul lavoro) e l'ambiente (tra cui la riduzione delle perdite di rendimento dei raccolti legate all'ozono).

In particolare per ciò che concerne la rete di monitoraggio nello specifico è prevista:

- ❖ l'introduzione di ulteriori punti di campionamento per gli inquinanti atmosferici non regolamentati che destano nuove preoccupazioni, come il particolato ultrafine (PUF), il particolato carbonioso, l'ammoniaca (NH₃) o il potenziale ossidativo del particolato, che contribuirà alla comprensione scientifica dei loro effetti sulla salute e sull'ambiente;
- ❖ la fissazione di nuovi valori limite per tutti gli inquinanti atmosferici, citati nelle precedenti normative, e di valori obiettivo solo per l'ozono. I valori limite e i valori obiettivo riveduti entreranno in vigore nel 2030, bilanciando la necessità di un miglioramento rapido con la necessità di garantire un lasso di tempo sufficiente e il coordinamento con le principali politiche correlate i cui risultati sono previsti nel 2030 anche se è prevista la possibilità di richiedere da parte degli Stati membri, entro il 31 gennaio 2029 e per ragioni specifiche e a rigorose condizioni, un rinvio del termine per il raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria;
- ❖ l'introduzione di nuove soglie di allarme per il particolato (PM₁₀ e PM_{2,5});
- ❖ l'introduzione di un valore limite giornaliero per il particolato fine (PM_{2,5}) e il biossido di azoto (NO₂) oltre alla revisione dei valori limite annuali (verranno ridotti rispettivamente da 25 µg/m³ a 10 µg/m³ per il PM_{2,5} e da 40 µg/m³ a 20 µg/m³ per l'NO₂) allo scopo di diminuire l'esposizione media della popolazione alle raccomandazioni dell'OMS;
- ❖ l'aggiornamento dell'elenco dei composti organici volatili (COV) raccomandati per le misurazioni volte a migliorare la comprensione della formazione e della gestione dell'ozono.

Il 24 Aprile 2024 il Parlamento Europeo ha adottato in via definitiva un accordo politico provvisorio con governi dell'UE sulle nuove misure introdotte dalla bozza di direttiva (381 voti favorevoli – 225 contrari – 17 astenuti).

Prossimo step: la direttiva dovrà essere formalmente adottata dal Consiglio, prima di essere pubblicata nella gazzetta ufficiale dell'UE ed entrare in vigore 20 giorni dopo. I Paesi dell'UE avranno due anni di tempo per applicare le nuove norme.

1.4 - Zonizzazione della Regione Emilia Romagna e della Provincia di Rimini

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).

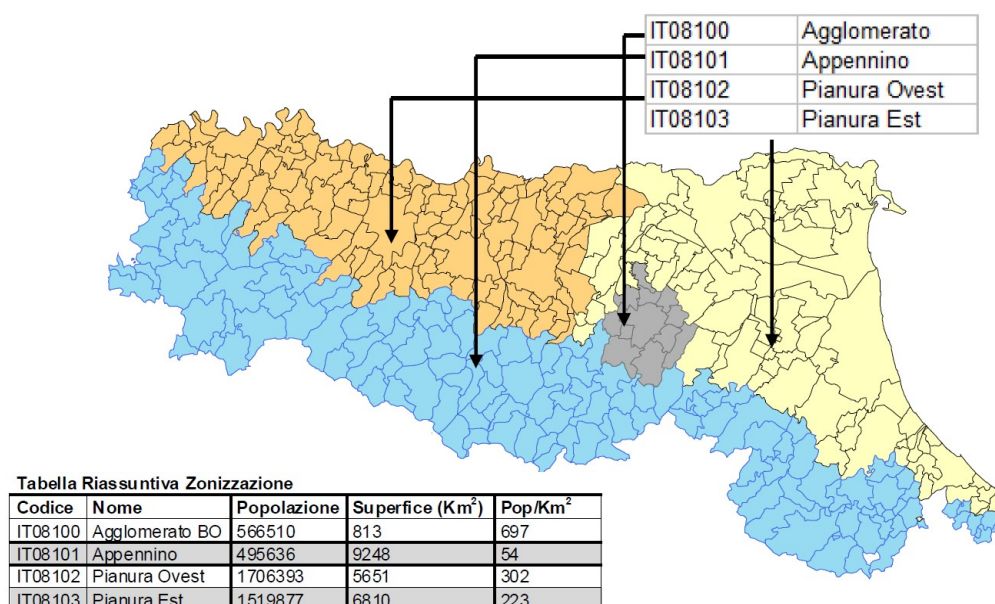


Figura 1.1 – Zonizzazione regionale (DLgs 155/2010 e DGR 2001/2011)

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

<u>ZONA</u> <u>Pianura EST</u>	Bellaria-Igea Marina, Cattolica, Coriano, Misano Adriatico, Poggio Berni ¹ , Riccione, RIMINI, San Clemente, San Giovanni in Marignano, Santarcangelo di Romagna, Verucchio
<u>ZONA</u> <u>Appennino</u>	Casteldelci, Gemmano, Maiolo, Mondaino, Montecopiolo ³ , Montefiore Conca, Montegrolfo, Montescudo-Monte Colombo ² , Morciano di Romagna, Novafeltria, Pennabilli, Saludecio, San Leo, Sant'Agata Feltria, Sassofeltrio, Torriana ¹ , Talamello

Tabella 1.7 – Zonizzazione per la Provincia di Rimini (DLgs 155/2010 e DGR 2001/2011)

La Regione ha quindi il compito di effettuare la *valutazione della qualità dell'aria ambiente* (DLvo 155/10 art. 5, Allegato II, Appendice II e Appendice III) e predispone un *piano di qualità dell'aria* con l'obiettivo principale, a tutela della salute collettiva, di individuare azioni concrete per il rispetto degli standard di qualità dell'aria e per la riduzione delle emissioni inquinanti nei territori regionali agendo sulle principali sorgenti di emissione.

In adempimento a quanto stabilito la Regione Emilia Romagna ha approvato il nuovo Piano Aria Integrato Regionale (**PAIR 2030**) con deliberazione dell'Assemblea Legislativa n.152 del 30 gennaio 2024 ed è entrato in vigore dal 6 febbraio 2024 (data di pubblicazione sul BURERT n.34). Il **PAIR 2030** prevede di raggiungere il rispetto dei valori limite previsti dalla normativa per gli inquinanti più critici per la Regione, nel più breve tempo possibile, intervenendo sulla base dei seguenti principi:

- ridurre le emissioni sia di inquinanti primari sia di precursori degli inquinanti secondari (PM10, PM2.5, NO_x, SO₂, NH₃, COV);
- agire simultaneamente sui principali settori emissivi;

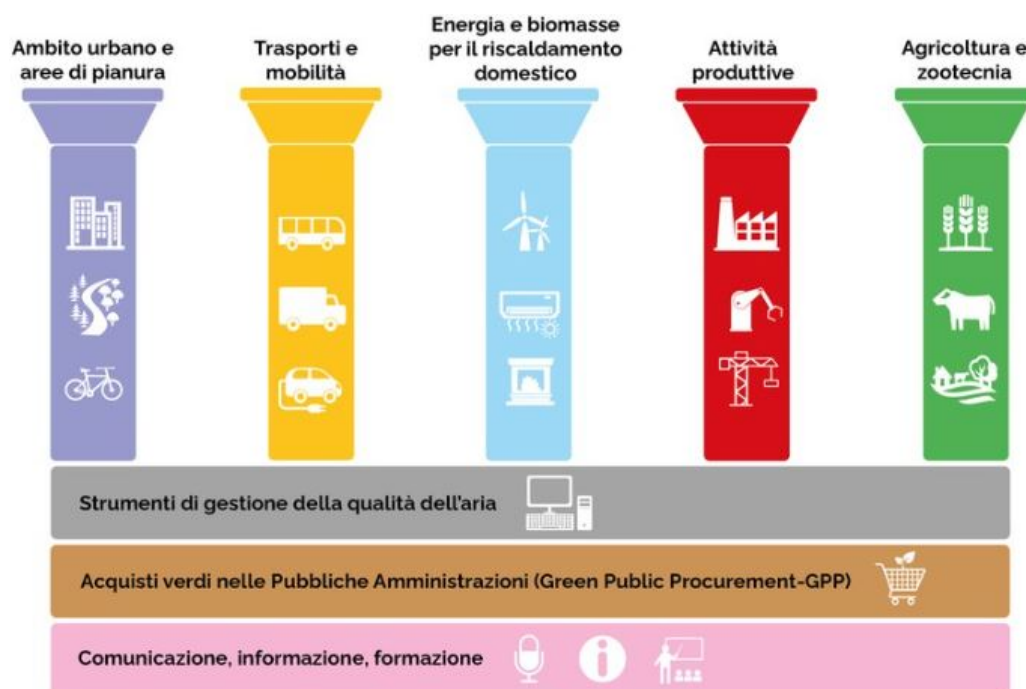
- agire sia su scala locale che su scala spaziale estesa di bacino padano con intervento dei Ministeri sulle fonti di competenza nazionale;
- prevenire gli episodi di inquinamento acuto al fine di ridurre i picchi locali.

Il PAIR 2030 prevede le seguenti riduzioni emissive rispetto allo scenario base al 2017:

- del 13% per il **PM10**
- del 13% per il **PM2.5**
- del 12% per gli ossidi di azoto (**NO_x**)
- del 29% per l'ammoniaca (**NH₃**)
- del 6% per i composti organici volatili (**COV**)
- del 13% per il biossido di zolfo (**SO₂**)

Il piano individua **64 misure** suddivise in **8 ambiti di intervento**, prioritari per il raggiungimento degli obiettivi della qualità dell'aria, di cui **5 tematici** e **3 trasversali**:

1. Ambito urbano e aree di pianure
2. Trasporti e mobilità
3. Energie e biomasse per il riscaldamento domestico
4. Attività produttive
5. Agricoltura e zootecnia
6. Strumenti di gestione della qualità dell'aria
7. Acquisti verdi nelle Pubbliche Amministrazioni (GPP)
8. Comunicazione, informazione, formazione



1.5 - 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 struttura della Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA), per rendere conforme la rete ai nuovi requisiti normativi nazionali e regionali (D. Lgs 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 limiti:

- 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 della rete
regionale**

(D. Lgs 155/2010 e
DGR 2001/2011)

2.2 - Configurazione della Rete di Rimini

Nella provincia di Rimini 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.

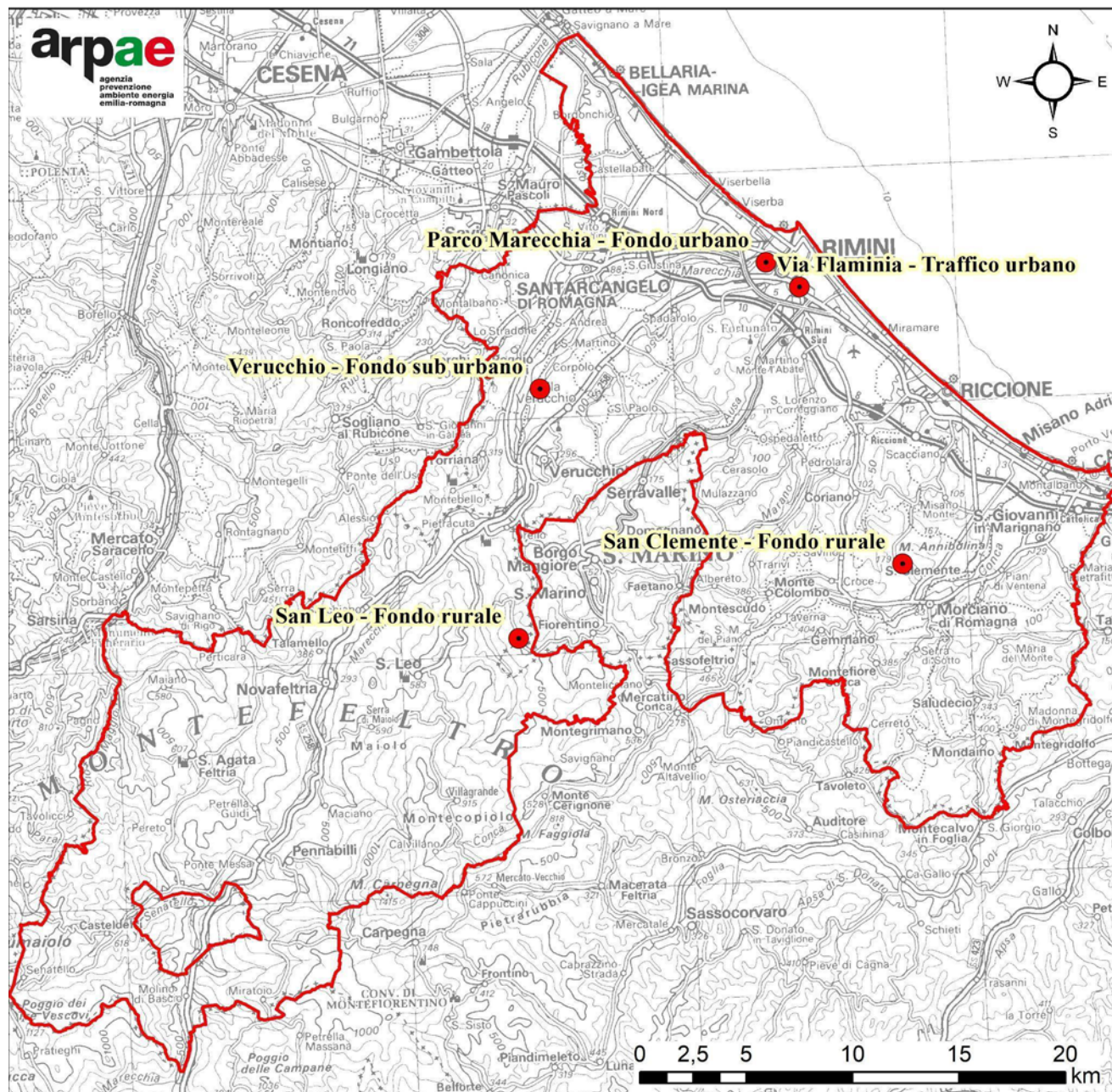









































Figura 2.2 - Distribuzione spaziale delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria nella provincia di Rimini

Nella rete afferente alla provincia di Rimini 4 stazioni sono collocate in ZONA PIANURA EST, mentre in ZONA “ APPENNINO” - in cui non si prevedono superamenti degli standard di qualità dell'aria e il monitoraggio è finalizzato prevalentemente al controllo del mantenimento delle condizioni ambientali in essere - è collocata la stazione di San Leo a Montemaggio di San Leo (fondo rurale).

Zona	Stazione	Tipo	Zona + Tipo	Inquinanti misurati						
				PM10	PM2.5	NOx	CO	BTX	SO2	O3
	Flaminia		TU							
	Marecchia		FU							
	Verucchio		FsubU							
	San Leo		FRu							
	San Clemente		FRu							

Legenda

Classificazione Zona	
	Urbana
	Suburbana
	Rurale


Classificazione Stazione	
	Traffico
	Fondo
	Industriale

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

2.3 – Stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) di Rimini

Si riportano le schede, con la documentazione fotografica e la localizzazione, delle stazioni di monitoraggio della rete nella configurazione 2021.

Stazione: <i>Flaminia (Rimini)</i>	Zona : <i>Agglomerato Pianura Est</i>
	
Tipo Stazione: Traffico Urbano	Coordinate geografiche:
Inquinanti: PM₁₀ - NO_x - CO - BTX	UTM32 (m) X: 786446 Y: 4883968

Stazione: <i>Marecchia (Rimini)</i>	Zona : <i>Agglomerato Pianura Est</i>
	
Tipo Stazione: Fondo Urbano	Coordinate geografiche:
Inquinanti: PM₁₀ - PM_{2,5} - NO_x - O₃	UTM32 (m) X: 784529 Y: 4885243

Stazione: Verucchio (Verucchio)

Zona : Agglomerato Pianura Est



Tipo Stazione: Fondo Sub Urbano

Coordinate geografiche:

Inquinanti: PM₁₀ - NO_x - O₃

UTM32 (m) X: 774227 Y: 4879195

Stazione: S.Clemente (S.Clemente)

Zona : Agglomerato Pianura Est



Tipo Stazione: Fondo Rurale

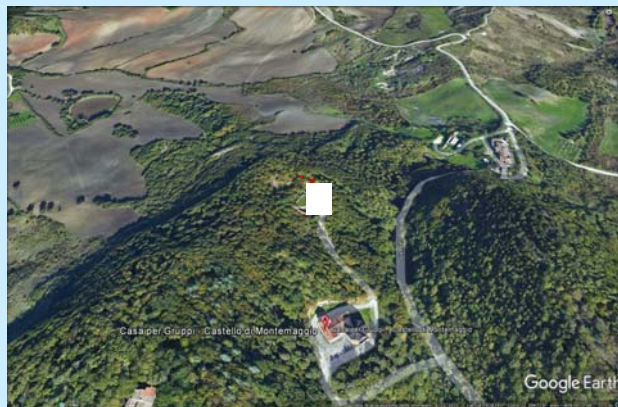
Coordinate geografiche:

Inquinanti: PM_{2,5} - NO_x - O₃

UTM32 (m) X: 791168 Y: 4870789

Stazione: **S.Leo (S.Leo)**

Zona : **Agglomerato Pianura Est**



Tipo Stazione: **Fondo Rurale**

Coordinate geografiche:

Inquinanti: **PM₁₀ – NO_x – O₃**

UTM32 (m) X: 773134 Y: 4867282

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. In tabella 3.1 sono elencate tutte le stazioni prese in esame per la stesura del presente report.

L'inquadramento climatico per l'anno 2023 è tratto dal rapporto IdroMeteoClima 2023, realizzato dall'Osservatorio Clima di Arpae.

(Rif. <https://www.arpae.it/it/notizie/il-2023-un-anno-di-caldo-record-ed-eventi-estremi>).

Per la provincia di Ravenna le stazioni utilizzate sono tre: la stazione locale della rete di monitoraggio di qualità dell'aria di Porto San Vitale, nell'area industriale-portuale di Ravenna, la stazione meteo di Bisaura ubicata a Faenza sempre della rete di Ravenna, 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 Ausa a Rimini città, Riccione Urbana, e Morciano, Novafeltria e Pennabilli per l'entroterra riminese, tutte facenti parte delle stazioni di meteorologia gestite 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, la stazione di Forlì Urbana e per l'interno la stazione di Castrocaro, facenti parte della rete idrometeorologica gestita dal SIMC. Si sono utilizzati inoltre anche i dati della stazione di Cesenatico Porto per la direzione del vento come riferimento per la costa, facente parte del SIMC. (Fig. 3.3).

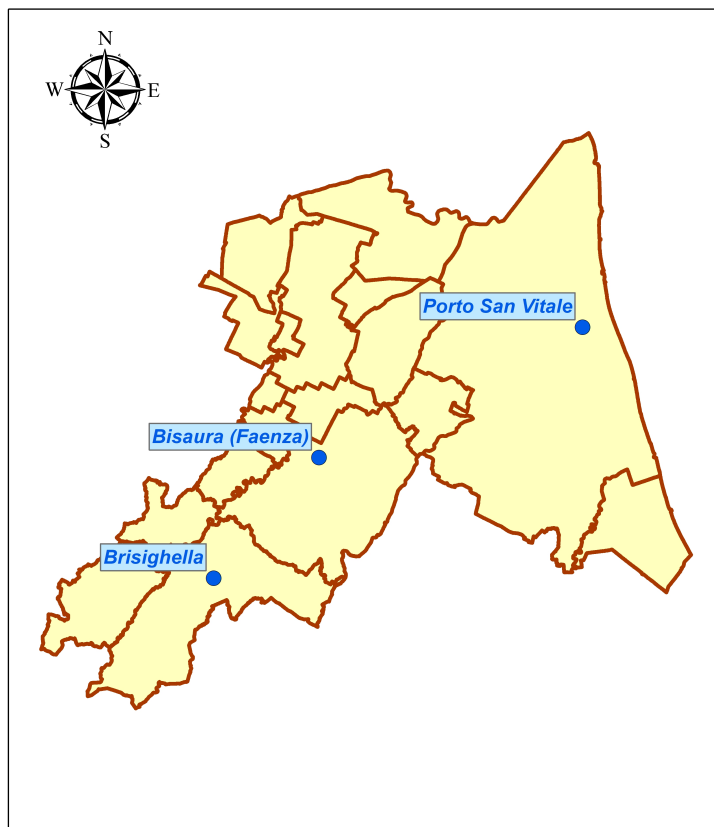


Fig 3.1 – Dislocazione delle stazioni meteorologiche nella provincia di Ravenna

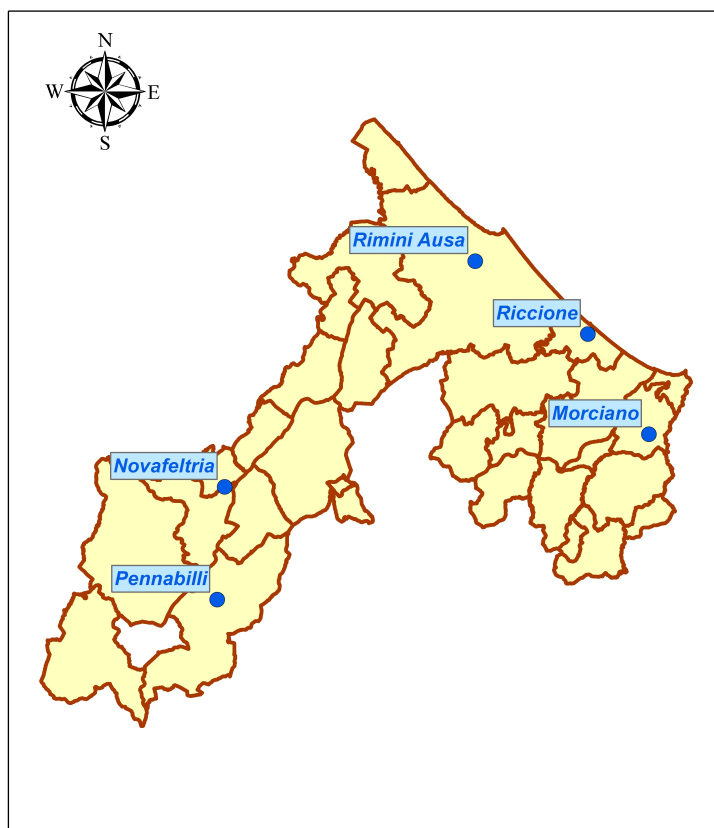


Fig. 3.2 Dislocazione delle stazioni meteorologiche nella provincia di Rimini.

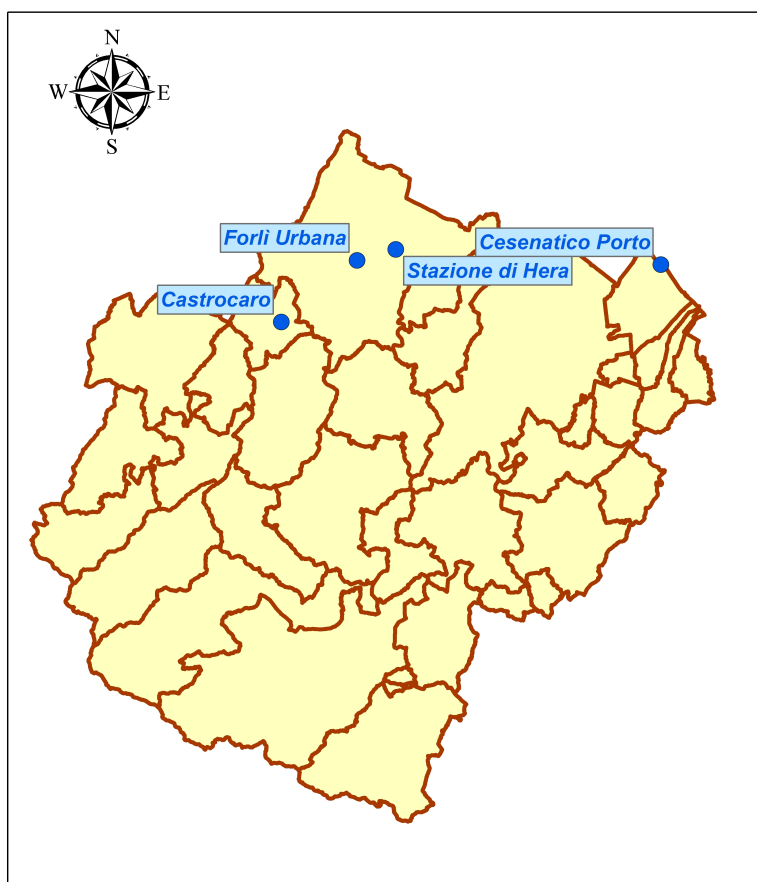


Fig. 3.3 Dislocazione delle stazioni meteorologiche nella provincia di Forlì.

	Temperatura	Precipitazione	Rosa venti
Ravenna	<i>Porto S. Vitale (0 m.s.m) (stazione locale)</i>	<i>Porto S. Vitale (0 m.s.m) (stazione locale)</i>	<i>Porto S. Vitale (0 m.s.m) (stazione locale)</i>
	<i>Bisaura (35 m.s.m) (RRQA)</i>	<i>Bisaura (35 m.s.m) (RRQA)</i>	<i>Bisaura (35 m.s.m) (RRQA)</i>
	<i>Brisighella (185 m.s.m) (SIMC)</i>	<i>Brisighella (185 m.s.m) (SIMC)</i>	
Rimini	<i>Riccione Urbana (1 m.s.m) (SIMC)</i>	<i>Rimini Ausa (1m.s.m) (SIMC)</i>	<i>Riccione Urbana (1 m.s.m) (SIMC)</i>
	<i>Morciano (65 m.s.m) (SIMC)</i>	<i>Novafeltria (331 m.s.m) (SIMC)</i>	<i>Pennabilli (629m.s.m) (SIMC)</i>
Forlì - Cesena	<i>Forlì Hera (23 m.s.m) (stazione locale)</i>	<i>Forlì Hera (23 m.s.m) (stazione locale)</i>	<i>Forlì Hera (23 m.s.m) (stazione locale)</i>
	<i>Forlì Urbana (51 m.s.m) (SIMC)</i>	<i>Castrocaro (66 m.s.m) (SIMC)</i>	<i>Cesenatico Porto 1 m.s.m (SIMC)</i>

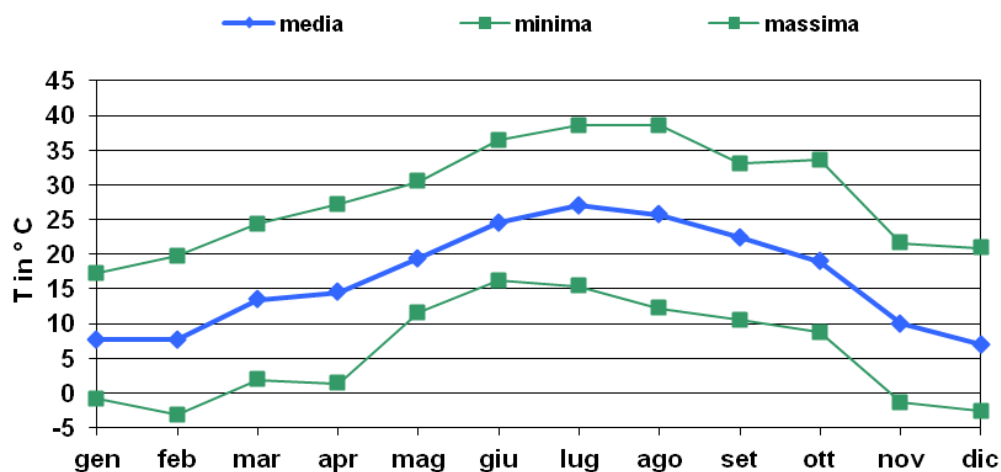
Tabella 4.1 stazioni meteorologiche

3.2 - Andamento meteorologico del 2023 nella Provincia di Ravenna, Rimini e Forlì-Cesena

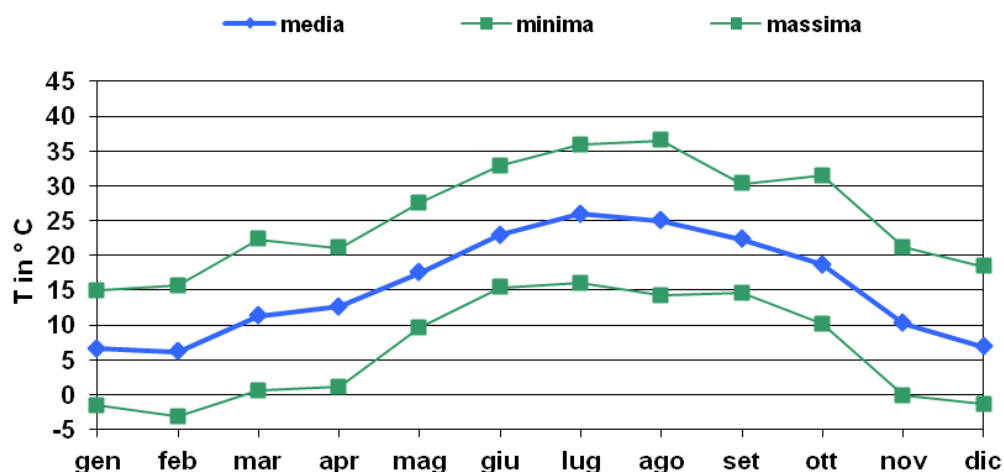
3.2.1 – Temperatura

In figura 3.4 sono riportate le temperature medie, minime e massime mensili per l'anno 2023 misurate nelle stazioni di Porto San Vitale, Bisaura (Faenza) e Brisighella per la provincia di Ravenna, la stazione Hera di Forlì e Forlì Urbana per la provincia di Forlì-Cesena e la stazione di Riccione Urbana e Morciano per la provincia di Rimini.

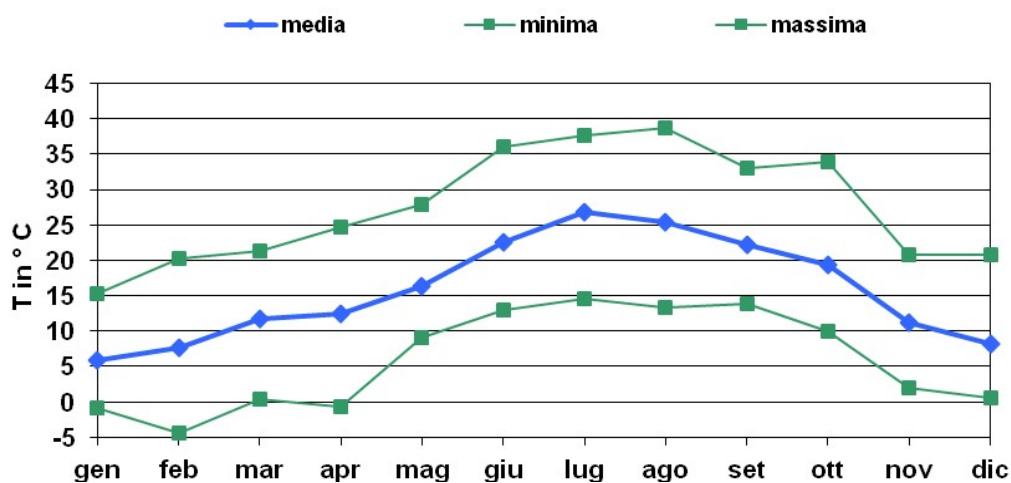
Stazione di Bisaura (Faenza)- anno 2023



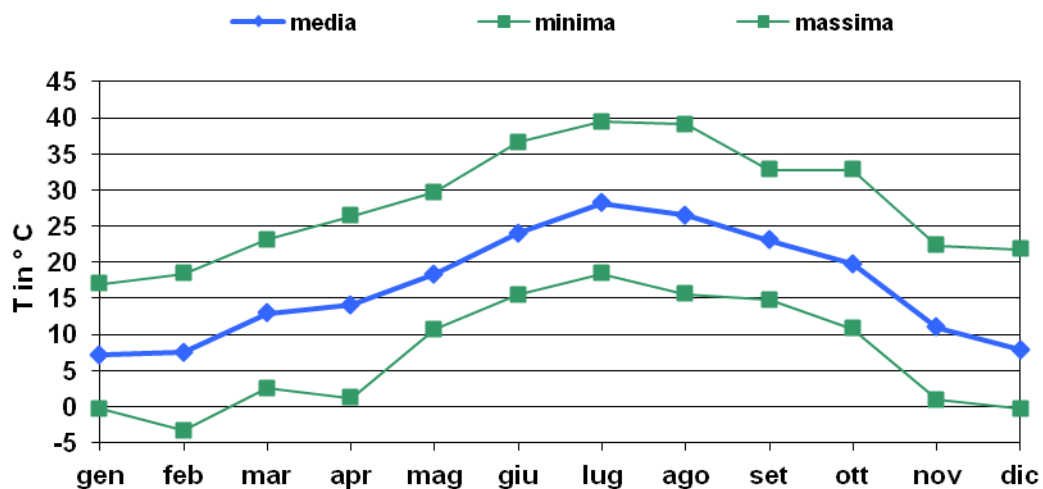
Stazione di Porto San Vitale (Ravenna) - anno 2023



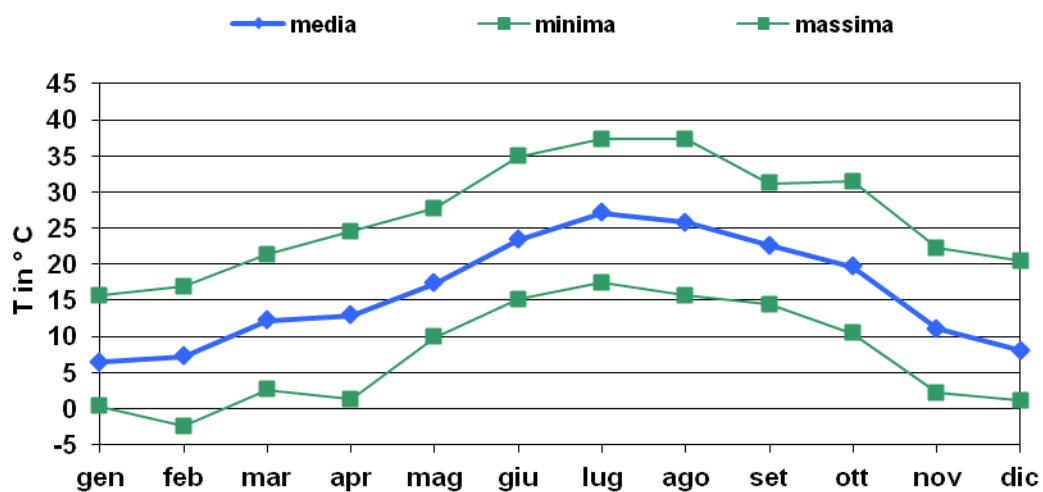
Stazione di Brisighella (Faenza) - anno 2023



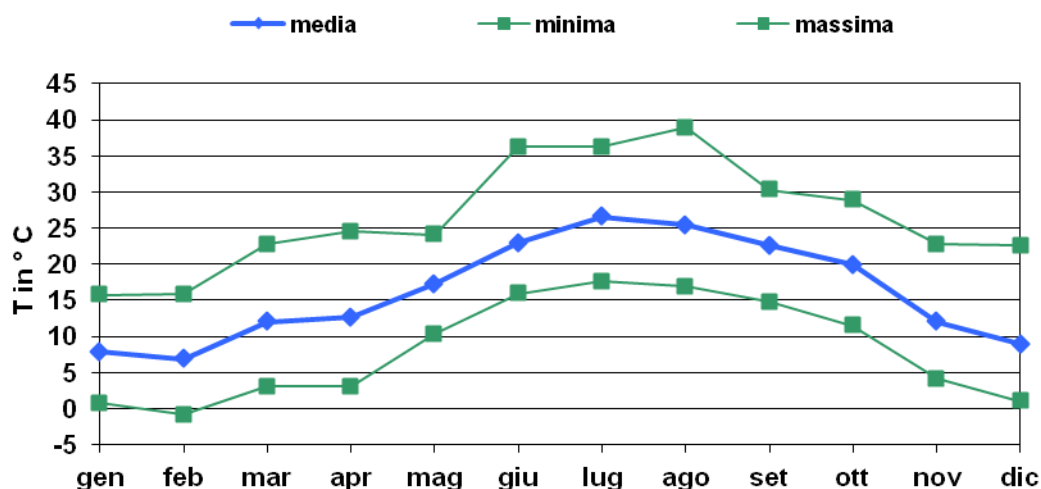
Stazione di Forlì Hera - anno 2023



Stazione di Forlì Urbana - anno 2023



Stazione di Riccione Urbana - anno 2023



Stazione di Morciano (Rimini) - anno 2023

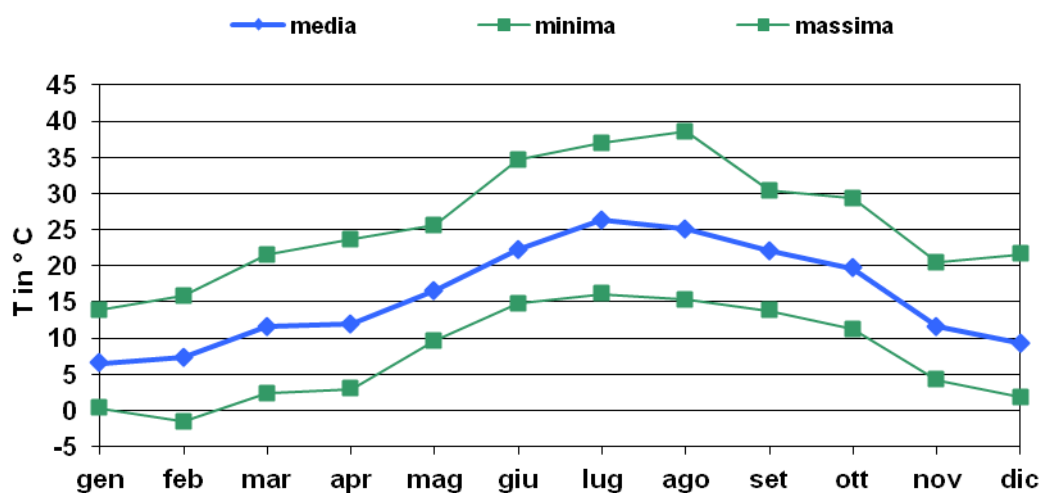


Figura 3.4 – Medie, minimi e massimi mensili delle temperature - Anno 2023

Il 2023, a livello regionale, è risultato l'anno più caldo dal 1961, per temperatura media e massima, e il secondo più caldo in termini di temperatura minima, dopo il 2014. Queste condizioni generali si sono tradotte in un elevato numero di notti con temperatura minima superiore a 20 °C (notti tropicali). Se calcoliamo il numero di notti tropicali medio per tutta la regione (l'indice regionale: calcolato a partire dalla serie delle medie regionali delle temperature minime giornaliere) il valore per l'anno 2023 è pari a 15, che è il terzo valore più alto della serie 1961-2023, dopo il 2003 e il 2015, inoltre, a livello locale, in pianura, sono state osservate fino a oltre 60 notti tropicali nell'area metropolitana di Bologna. A queste condizioni si lega anche il valore particolarmente elevato dello zero termico, la quota più alta della troposfera alla quale la temperatura dell'aria assume un valore di 0 °C, che in inverno coincide con la quota neve. In pianura, il valore medio annuo di questo indice è stato il più alto mai registrato dal 1986; le anomalie termiche osservate in superficie nel

corso dell'anno sono quindi strettamente correlate a quelle di un consistente strato di atmosfera sovrastante. La prima metà di gennaio si è discostata molto dalla normalità climatica, con elevatissime anomalie che hanno portato la temperatura media regionale fino a 6,3 °C oltre il clima 1991-2020, con superamento dei precedenti record calcolati dal 1961 nei giorni 1, 2 e 4 gennaio; successivamente, i valori termici non hanno presentato eccezionali anomalie e il 10 febbraio è stato rilevato, presso la stazione di Febbio (RE, 1148 m s.l.m.), il valore di temperatura minima assoluta regionale per il 2023, pari a -13,4 °C. A marzo, a cavallo fra la prima e la seconda decade, è stata registrata invece un'intensa ondata di calore, durante la quale per più giorni le temperature hanno segnato nuovi record. Poi, le temperature sono progressivamente diminuite e aprile è risultato complessivamente più freddo della norma, soprattutto per quanto riguarda i valori minimi giornalieri. A maggio, in presenza di condizioni particolarmente perturbate, le temperature medie mensili regionali sono risultate di nuovo inferiori alla norma, ma questa volta sono state le temperature massime giornaliere a determinare maggiormente il segno negativo dell'anomalia mensile.

Con il mese di giugno, in linea con la normale variabilità climatica, si è conclusa la fase dell'anno caratterizzata da brevi anomalie termiche e variabilità, ed è iniziato un secondo periodo caratterizzato da persistenti ed elevate anomalie termiche positive, che si sono intensificate nell'ultima parte dell'anno. Il 25 agosto, presso le stazioni di Marzaglia (MO, 54 m s.l.m.) e Sant'Agata Bolognese (BO, 18 m s.l.m.), è stata rilevata la temperatura massima assoluta regionale dell'anno, pari a 40,7 °C. Va osservato che, nonostante nel 2023 si siano verificate forti ondate di calore, il numero totale di giorni in cui la temperatura massima ha superato i 30 °C (giorni caldi) non ha raggiunto valori particolarmente alti; questo probabilmente a causa di frequenti temporali durante la stagione estiva, e anche perché l'umidità degli strati superficiali del suolo non ha mai raggiunto valori eccessivamente bassi e il rilascio di calore latente ha limitato i possibili effetti di amplificazione superficiale delle anomalie termiche. In autunno le anomalie termiche si sono ulteriormente intensificate: settembre è risultato il secondo più caldo dal 1961, dopo il 2011, mentre ottobre è stato il più caldo della serie così come l'autunno nel suo complesso; l'anno si è infine concluso con il dicembre più caldo della corrispondente serie storica. Nel corso di questi mesi, più volte la temperatura media regionale ha segnato nuovi record massimi, come il 9 ottobre, quando il precedente record è stato superato di 3,9 °C, complice un'eccezionale avvezione calda, e di nuovo il 23 dicembre, quando il nuovo record ha superato di 3,8 °C quello precedente, complice un intenso evento di foehn alpino. Nel 2023, la temperatura del mare, misurata a circa 10 km dalla costa adriatica, ha assunto in ogni mese dell'anno valori medi superiori al clima 2007-2020, con anomalie mensili particolarmente pronunciate, superiori a 2,5 °C, a gennaio e ottobre.

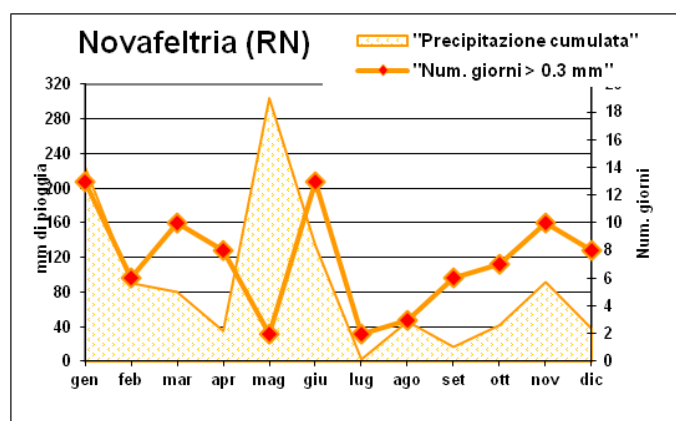
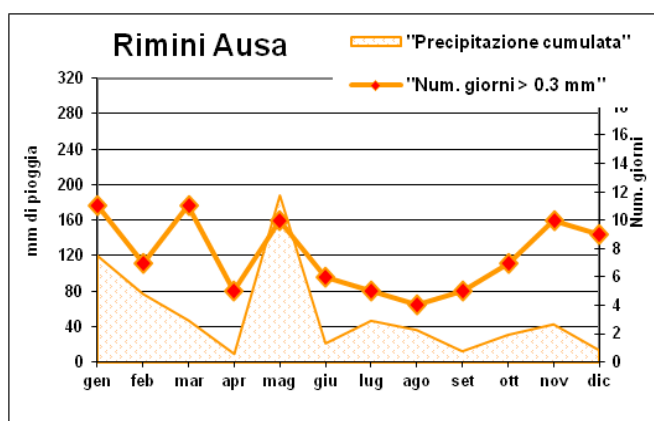
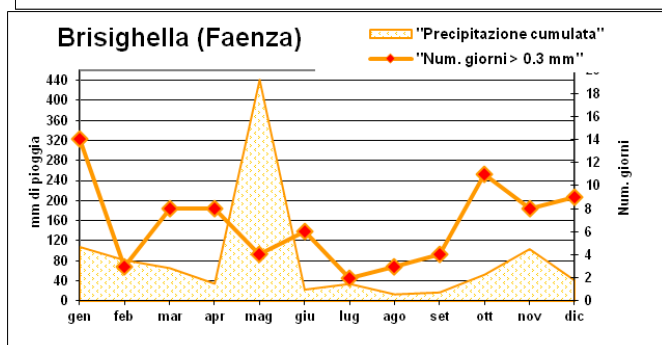
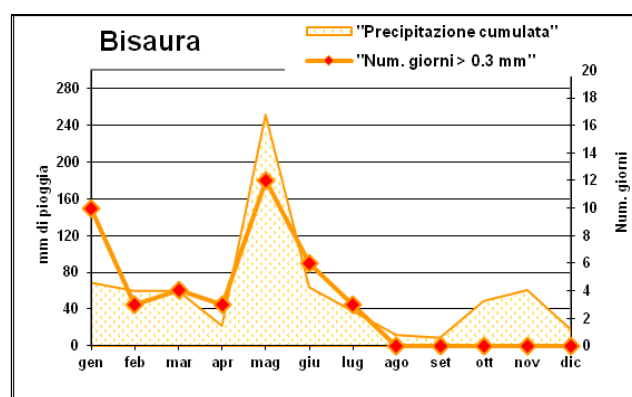
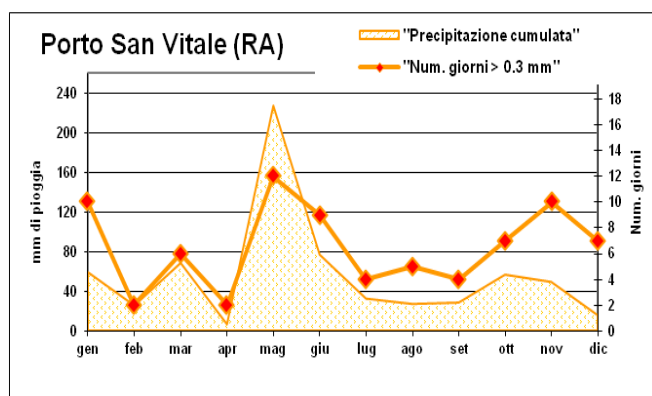
Per l'anno 2023 nella provincia di Ravenna i minimi si sono registrati nel mese di febbraio (-4,4 °C Brisighella), e le temperature massime si sono registrate sempre nelle due stazioni più interne con il picco a Brisighella (38,7 °C), che risulta essere anche la stazione delle tre a quota più elevata (185 m.s.m.). Tali temperature sono in linea con l'anno 2022, 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.

Per la provincia di Rimini, per il parametro della temperatura, si sono prese in considerazione le centraline di Morciano e Riccione. Le minime si sono registrate sempre nel mese di febbraio (Morciano -1,6°C), che si trova nell'entroterra a una altitudine di 65 m.s.m. e per le massime a Riccione (39 °C). I valori medi sono stati analoghi per le due stazioni. Andamenti simili per le

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

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).



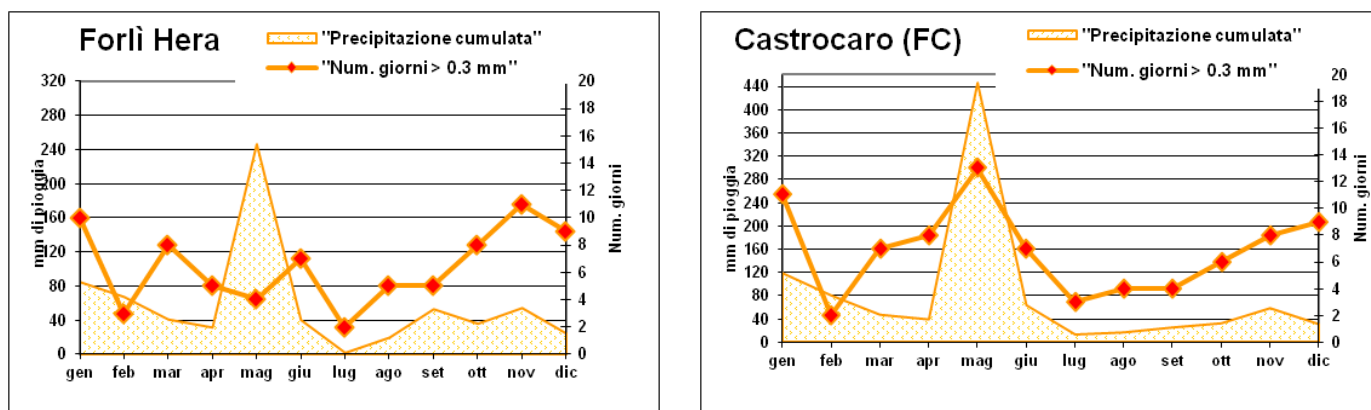


Figura 3.5 – Precipitazione cumulata mensile e numero di giorni con precipitazione superiore a 0.3 mm – Anno 2023

Le precipitazioni totali medie regionali del 2023 hanno raggiunto un valore di 891 mm, molto vicino alla media del periodo di riferimento 1991-2020, pari a 889 mm. Tuttavia, nel corso dell'anno, le precipitazioni hanno mostrato un andamento temporale molto intermittente, con conseguenti periodi critici sia in termini di abbondanza sia di scarsità delle risorse. Il 2023 è iniziato in condizioni di siccità, che si sono instaurate a partire dal 2021, e si sono protratte, con brevi interruzioni, fino al termine del 2022. A esclusione di gennaio, le precipitazioni sono state scarse fino a inizio maggio. Tuttavia, grazie soprattutto a un apporto consistente a inizio anno e nonostante la scarsità di precipitazioni ad aprile, il terzo più secco dal 1961, alla fine del primo quadrimestre le cumulate da inizio anno erano di poco inferiori all'intervallo di normale variabilità per il trentennio 1991-2020. Questo lungo periodo di siccità si è concluso con le eccezionali piogge di maggio, pari a 3,3 volte il valore climatico mensile a livello regionale, e con picchi locali sull'Appennino romagnolo superiori alla metà del valore atteso annuo; successivamente, le abbondanti, per quanto spazialmente poco omogenee precipitazioni di giugno hanno consolidato le risorse idriche regionali, a eccezione delle aree occidentali della regione, dove hanno continuato a persistere condizioni di moderata siccità. A luglio le precipitazioni sono risultate scarse: 27,5 mm regionali contro i 42,4 mm attesi, mentre ad agosto, nonostante il valore medio regionale sia stato di poco inferiore alla norma, le piogge si sono principalmente concentrate nelle aree occidentali, permettendo un locale recupero delle risorse idriche ancora segnate da persistenti, seppur moderate, condizioni di siccità idrologica. Settembre è stato nuovamente caratterizzato da scarse precipitazioni, con valori cumulati medi regionali di 31 mm a fronte degli 81 mm attesi, ma a ottobre, in corrispondenza di una nuova fase particolarmente perturbata, le precipitazioni sono risultate di nuovo nettamente superiori ai valori climatici, con anomalie particolarmente pronunciate sulle aree occidentali. L'anno si è concluso con due mesi di precipitazioni nettamente inferiori alla norma. Quindi, nonostante le cumulate annue medie regionali siano risultate prossime alla norma climatica, più della metà delle precipitazioni del 2023 sono da attribuire unicamente ai mesi di gennaio, maggio e ottobre, mentre nel resto dell'anno sono risultate generalmente inferiori alle attese, spesso molto scarse, e frequentemente concentrate in limitate aree della regione.

Bilancio idroclimatico. Le anomalie termiche osservate nella seconda metà dell'anno, in un contesto di precipitazioni confrontabili ai valori climatici, hanno portato, a fine 2023, a valori di bilancio idroclimatico complessivamente negativi, con un valore medio regionale pari a -143 mm. Il valore conferma la presenza di un trend negativo di lungo periodo, senza però avvicinarsi agli estremi osservati negli anni precedenti. Valori annui locali particolarmente bassi, inferiori a -550 mm, sono stati stimati in varie aree della pianura, in particolare nel piacentino e nel parmense.

Evento alluvionale di maggio. Per quanto riguarda la precipitazione risulta evidente il dato anomalo del mese di maggio. Il mese è stato caratterizzato da numerosi ed eccezionali eventi rilevanti. Le piogge del mese hanno raggiunto un valore totale medio regionale di 250,7 mm, superiore di 174,8 mm rispetto al valore medio climatico (+230,2 %), valore più alto dal 1961; anche rispetto al valore mediano, l'anomalia è di circa +173 mm. Dall'1 al 3 maggio, diffuse e persistenti precipitazioni, con valori cumulati oltre 250 mm in alcune zone, hanno interessato in modo significativo la parte centro-orientale della regione, soprattutto dalle aree pedecollinari ai rilievi, provocando piene e rotte di argini con allagamenti, e fenomeni di dissesto idrogeologico.

Tra il 9 e 10 maggio, abbondanti precipitazioni hanno interessato soprattutto la pianura modenese, bolognese e ferrarese insistendo sui suoli già saturi dal precedente evento, nella parte centro-orientale della regione.

E' seguito l'evento del 12-14 maggio, durante il quale gli accumuli più significativi del giorno 12 provocano allagamenti in vari comuni del bolognese e la grandine danneggia le colture nelle province di Bologna e Forlì-Cesena.

L'evento più significativo è stato quello del 16-17 maggio, quando ingenti precipitazioni, diffuse e persistenti - molto simili all'evento dell'1-3 maggio per quantitativi e zone più colpite - hanno interessato in particolare la parte centro-orientale della regione, con significativa insistenza sui rilievi da Bologna a Forlì-Cesena, Ravenna e anche sulla costa del riminese. La media regionale sulle 48 ore è stata di 73,2 mm e il giorno 16 ha registrato massimi giornalieri elevatissimi (205,6 mm nella stazione di Trebbio, nella valle del Lamone)

Nel territorio provinciale di Ravenna la stazione di Brisighella ha fatto registrare per l'anno 2023 nettamente il valore più alto di precipitazione (1014 mm) rispetto a Porto San Vitale e Bisaura che hanno valori simili (714 e 673 mm). Pesa naturalmente il mese di maggio come detto (Brisighella 440 mm, Porto San Vitale 227 mm e Bisaura 252 mm). I mesi più secchi per la Provincia di Ravenna sono stati i mesi di aprile, quelli estivi e dicembre. A confronto con l'anno 2022 a Brisighella abbiamo un +401mm, +211 mm a Porto San Vitale. Bisaura è leggermente più elevata con circa 50mm in più.

Per quanto riguarda la provincia di Rimini, la stazione dell'entroterra riminese di Novafeltria (precipitazione complessiva 1104 mm) ha registrato valori di precipitazioni molto più elevati rispetto alla stazione cittadina di Rimini AUSA (645mm). Maggio e gennaio i mesi più piovosi per entrambe le stazioni. Il mese di luglio per Novafeltria e quelli di aprile, settembre e dicembre per Rimini AUSA quelli meno piovosi. A confronto con l'anno 2022 per l'entroterra vi era la stazione di Pennabilli (686mm) e Riccione Urbana 422mm.

Per quanto riguarda i valori di precipitazione complessiva delle due stazioni della provincia di Forlì, la stazione interna di Castrocaro, 966 mm (per il 2022 era 696 mm) ha fatto registrare valori superiori a quella dell'area urbana di Hera, (698 mm), (per il 2022 era di 501mm), con i minimi di precipitazione nei mesi di luglio e agosto. A maggio per Forlì si riportano i valori di Castrocaro 446 mm e Hera 246 mm.

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, le stazioni di Hera e Cesenatico Porto per Forlì e le stazioni di Riccione e Pennabilli 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 la stazione di Porto San Vitale di Ravenna situata sulla costa, 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-NE. Per Bisaura durante la stagione primavera-estate la componente dei venti provenienti da est risulta meno evidente.

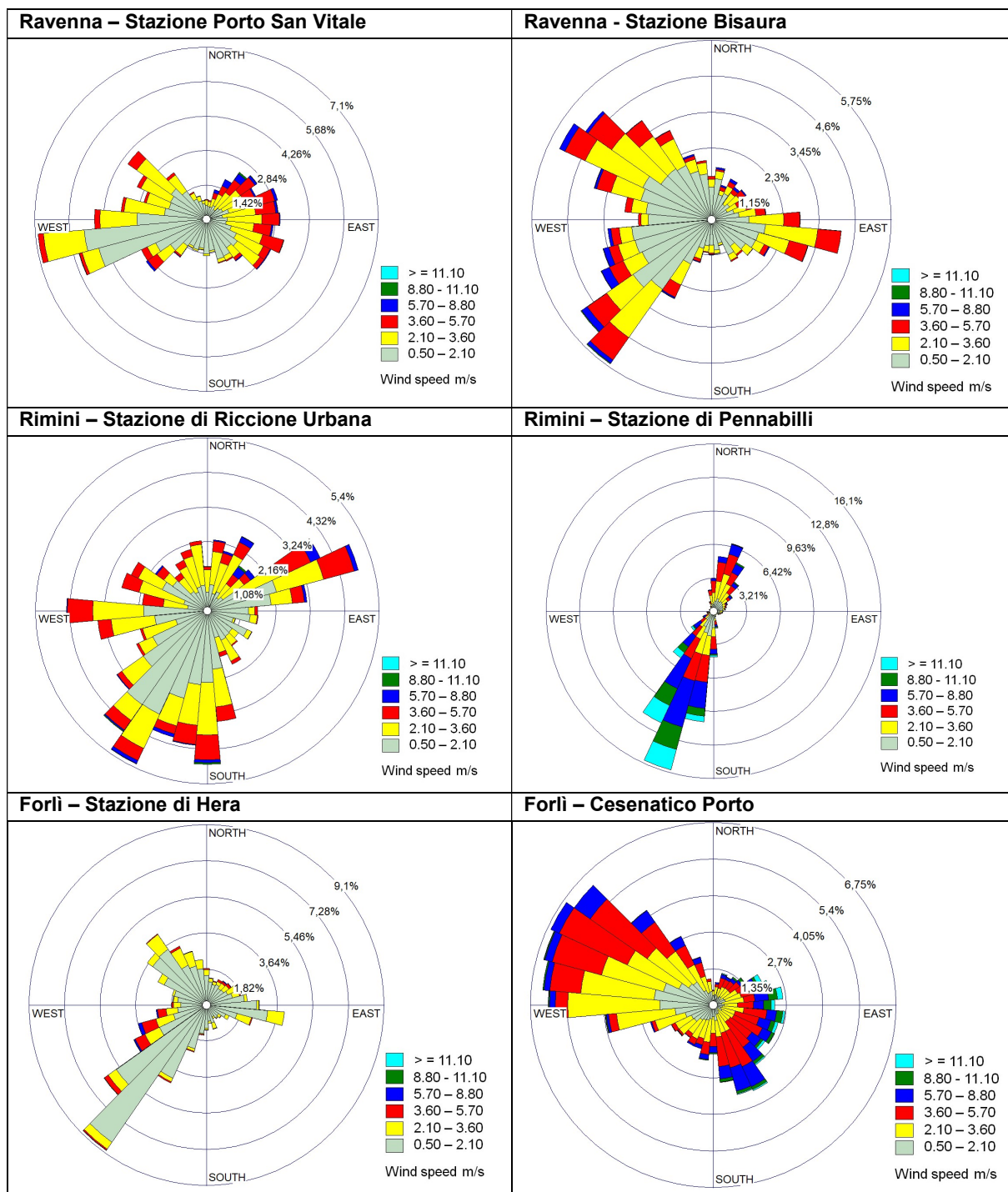
Nella stazione di Riccione la direzione prevalente dei venti è stata Sud-Ovest per le stagioni fredde mentre è evidente l'intensificarsi della provenienza marina durante la primavera e l'estate.

Più all'interno della provincia, per la stazione di Pennabilli, è evidente come la direzione del vento si sviluppa lungo l'asse nord-sud con predominanza durante tutto l'arco dell'anno di provenienza meridionale.

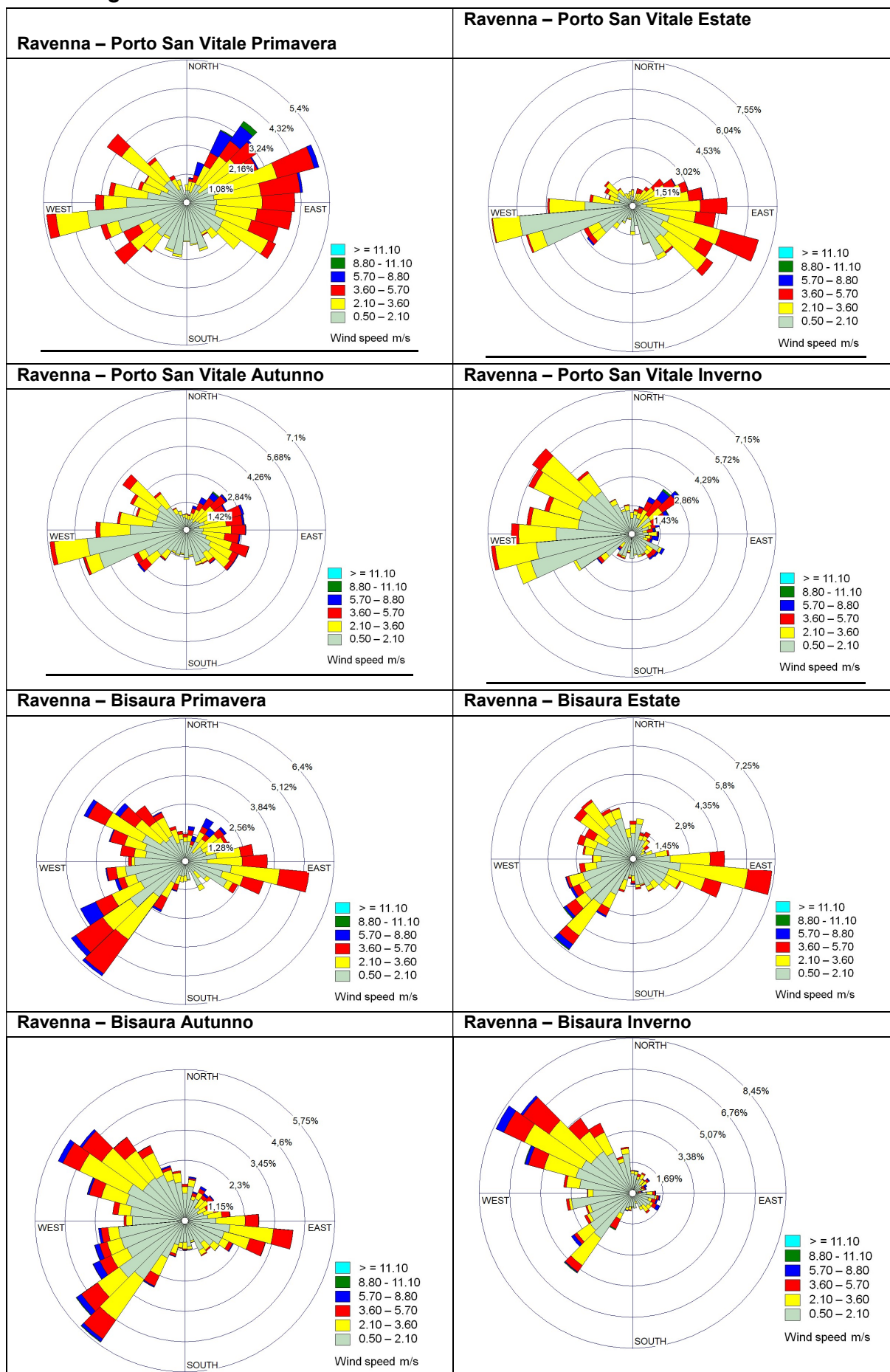
Nella stazione Hera di Forlì i venti durante tutto l'arco dell'anno risultano tendenzialmente bassi, provenienti principalmente da Sud-Est per buona parte dell'anno e anche da nord-ovest durante la stagione invernale.

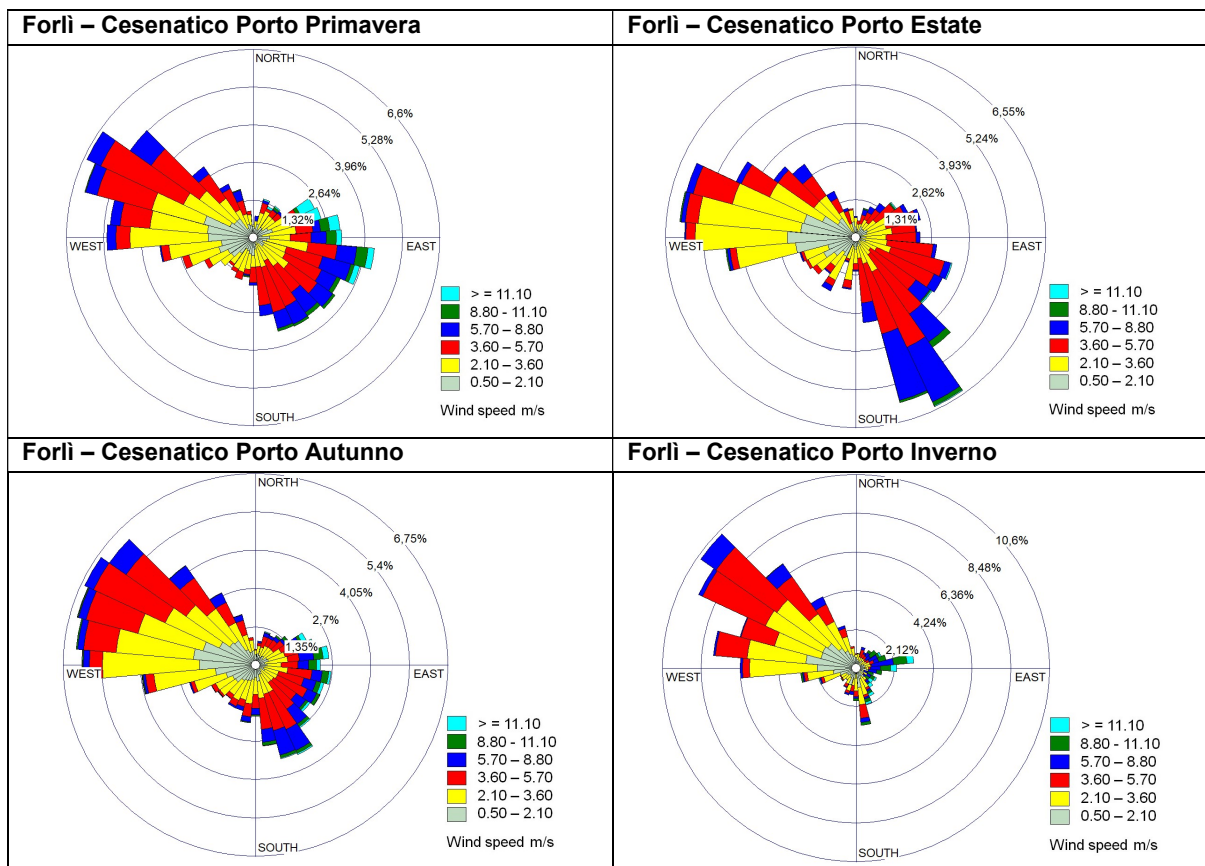
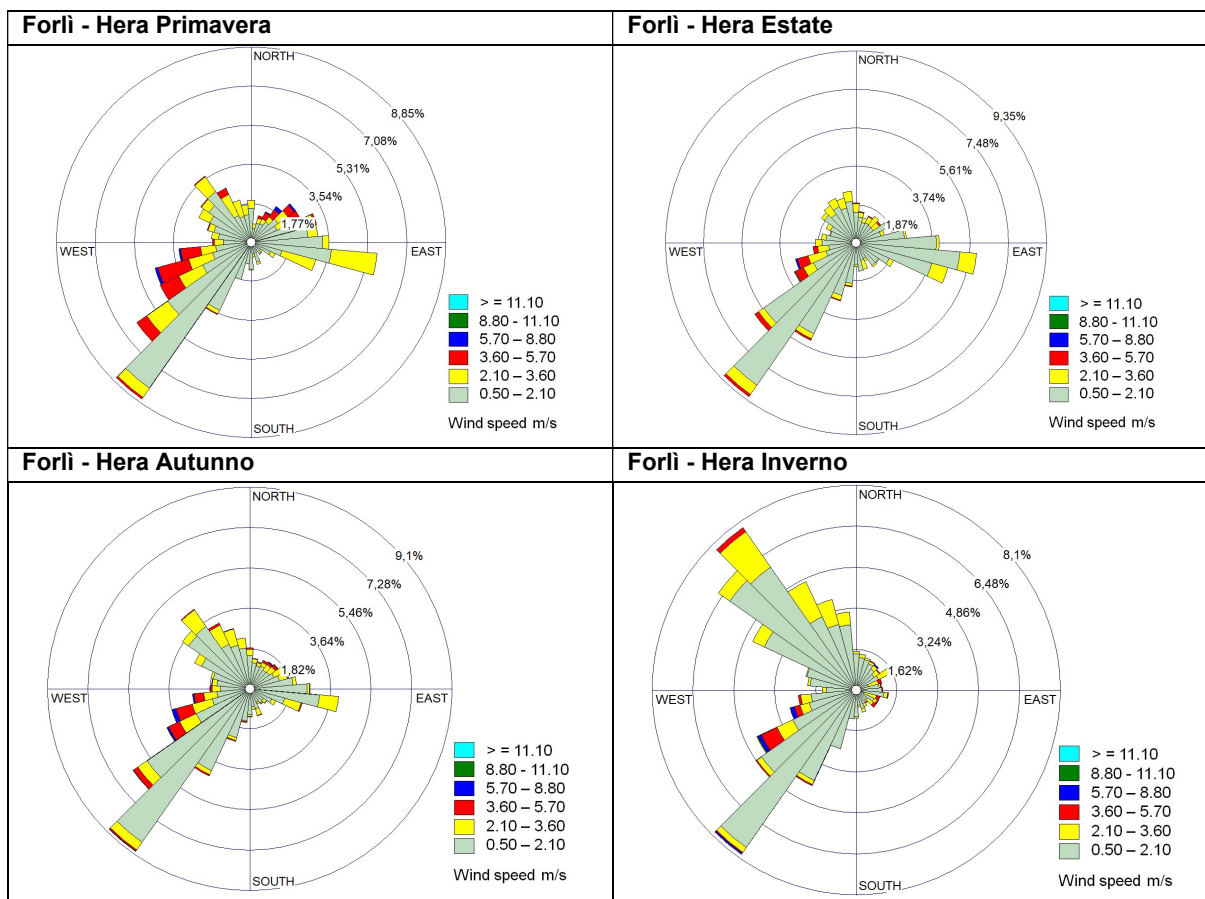
Per quanto riguarda la stazione di Cesenatico è evidente l'apporto della brezza di mare per buona parte dell'anno ancora di più durante le stagioni primavera-estate.

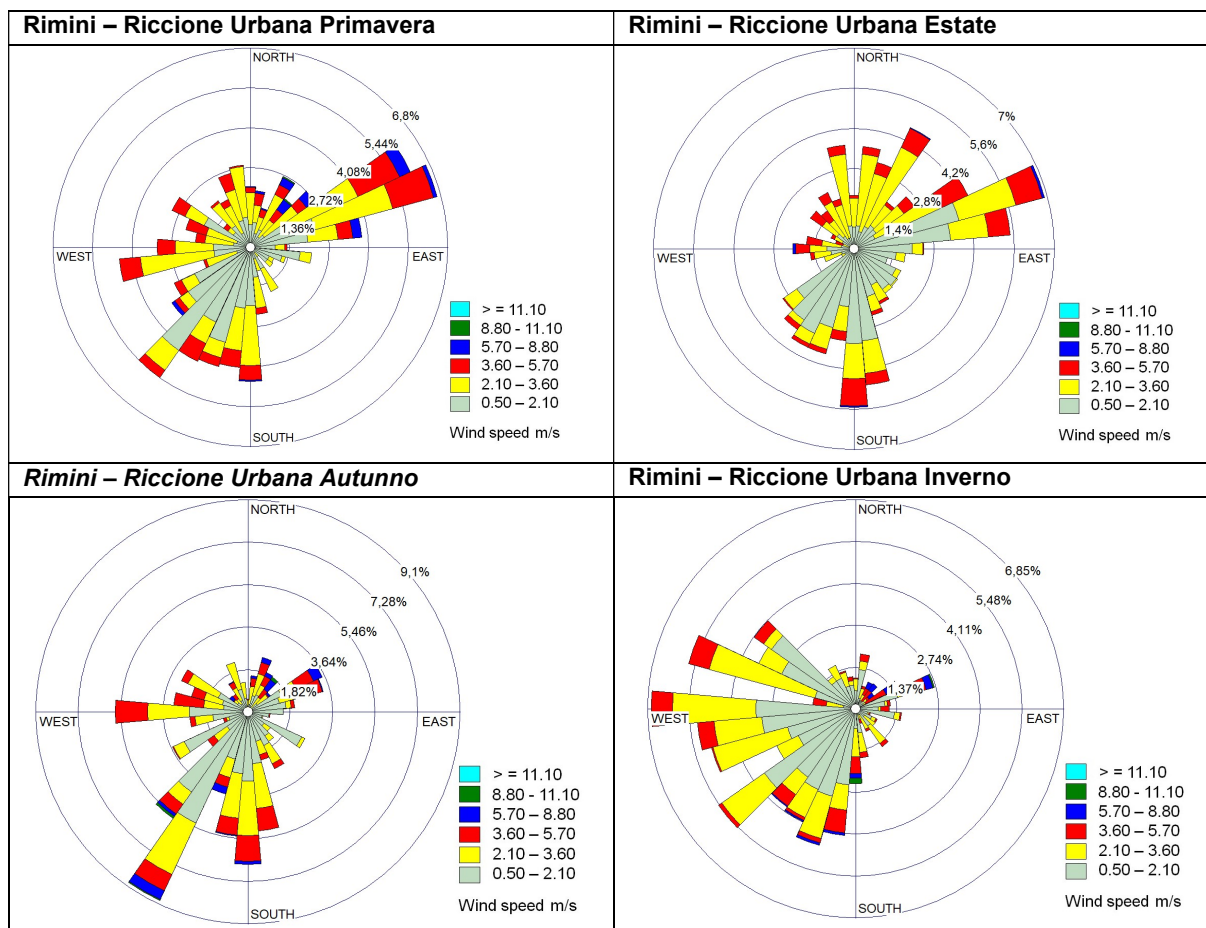
Rose annuali



Rose stagionali







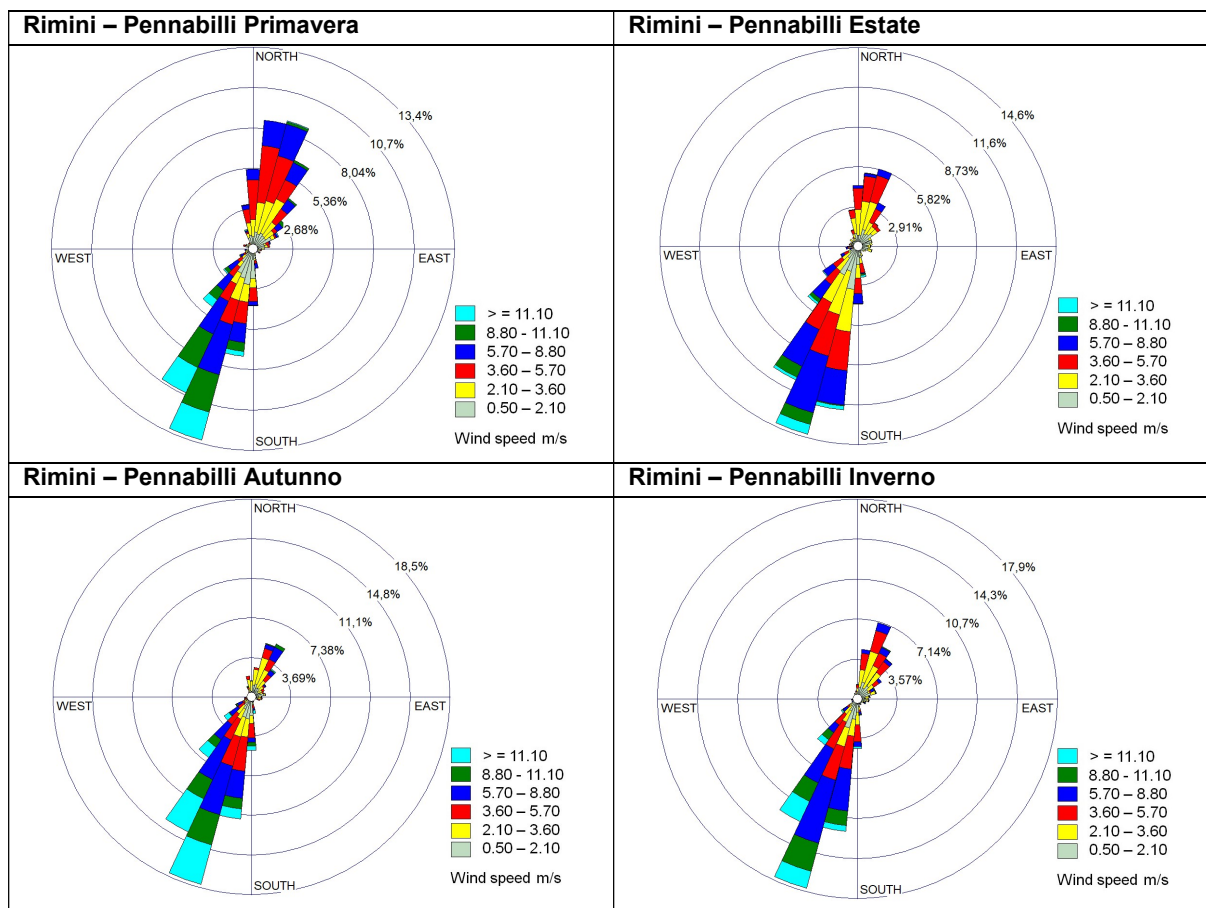


Figura 3.6 - Rose dei venti annuali e stagionali delle stazioni di Porto San Vitale e Bisaura per Ravenna, Hera e Cesenatico Porto per Forlì e Riccione Urbana e Pennabilli per Rimini – Anno 2023

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





<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di biossido di azoto (NO ₂)	2013 – 2023		
Superamenti dei limiti di legge per il biossido di azoto (NO ₂)	2013 - 2023		

Tabella 4.1 – NO₂: Sintesi valutazione anno 2023 e trend decennale

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. Nel 2023 Il valore limite orario (200 µg/m³) e della media annuale (40 µg/m³) è rispettato in tutte le stazioni della rete.

Nelle postazioni di San Clemente e di San Leo (Fondo Rurale) la media annuale è inferiore al limite di quantificazione strumentale (L.Q.=8 µg/m³).

Nelle stazioni di fondo, compresa quella di fondo urbano, le medie annuali sono inferiori alla metà del limite; solo nella stazione di traffico urbano (Flaminia) la media annuale si avvicina al valore limite (34 µg/m³).

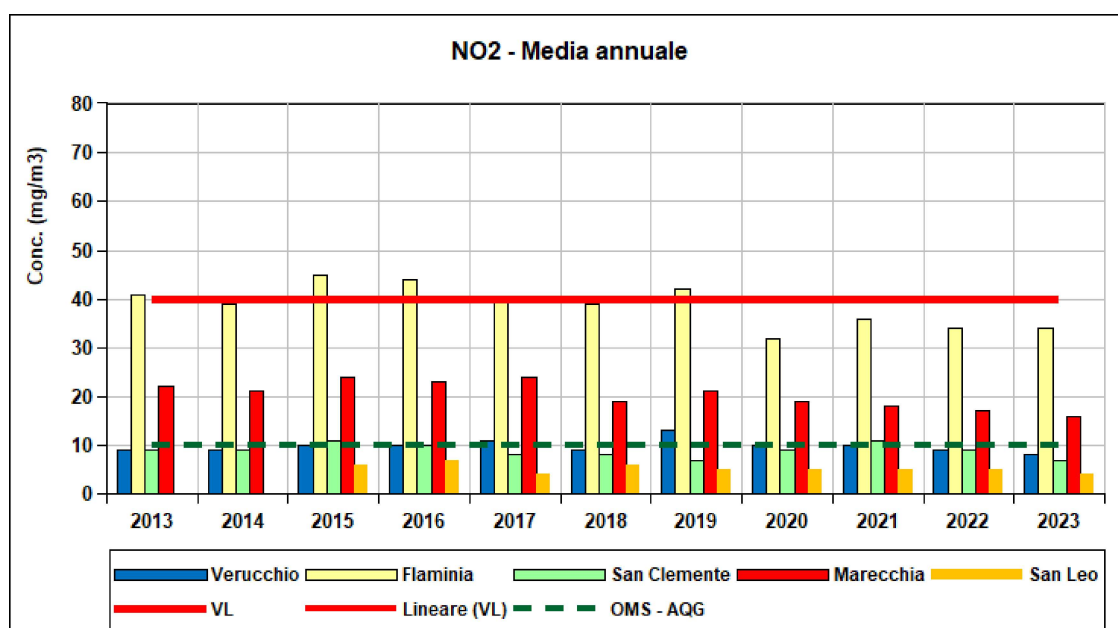
In nessuna postazione è stato superato il limite di breve periodo previsto dalla normativa, relativo alla concentrazione media oraria: i valori massimi orari misurati sono abbondantemente inferiori a 200 µg/m³, anche nella stazione di traffico urbano (valore limite orario 200 µg/m³ da non superare per più di 18 ore).

E' comunque importante mantenere alta l'attenzione su questo inquinante, perché gli NOx sono dei precursori del particolato secondario e dell'ozono, inquinanti per i quali si manifestano delle criticità a livello regionale, in particolare, nelle concentrazioni medie annuali per il particolato e per i valori estivi di ozono.

NO₂ [L.Q. = 8 µg/m³]				Concentrazioni in µg/m³		Limiti Normativi (VL)		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
						Media anno	N° Sup. 200µg/m ³	Max orario	Media annua
Flaminia	Rimini	Traffico	100	<8	122	34	0	122	34
Marecchia	Rimini	Fondo Urbano	100	<8	103	16	0	103	16
Verucchio	Verucchio	Fondo Sub-urb	100	<8	54	8	0	54	8
San Clemente	San Clemente	Fondo Rurale	100	<8	56	<8	0	56	<8
San Leo	San Leo	Fondo Rurale	100	<8	41	<8	0	41	<8

Tabella 4.2 – NO₂: Parametri statistici e confronto con i valori previsti dalla normativa

Nel grafico di Figura 4.1 sono rappresentate le concentrazioni medie annue di NO₂ confrontate con il valore limite (linea rossa): si nota che nell'arco temporale 2013-2023 si ha un trend più o meno costante della media annuale in tutte le stazioni di fondo, tranne nella stazione di traffico urbano (Flaminia) dove, a partire dal 2020 si è interrotta la serie di valori delle medie annuali superiori o prossime al limite di legge; nei prossimi anni si potrà valutare se tale diminuzione è strutturale.



*La stazione di San Leo è attiva da Giugno 2014

Figura 4.1 – Media annuale- Stazioni di Traffico e di Fondo

Nella Figura 4.2 sono riportate le concentrazioni medie mensili del 2023.

In tutte le stazioni i valori medi mensili più alti si registrano nei mesi invernali, periodo in cui, ad una maggiore attivazione delle fonti emissive (ad esempio il contributo del riscaldamento domestico) si uniscono condizioni meteorologiche che tendono a contrastare la dispersione/diluizione dell'inquinante (abbassamento dell'altezza dello strato di rimescolamento). Nella stazione da traffico (Flaminia) le concentrazioni medie mensili sono decisamente più elevate rispetto a quelle delle altre stazioni durante tutto l'anno.

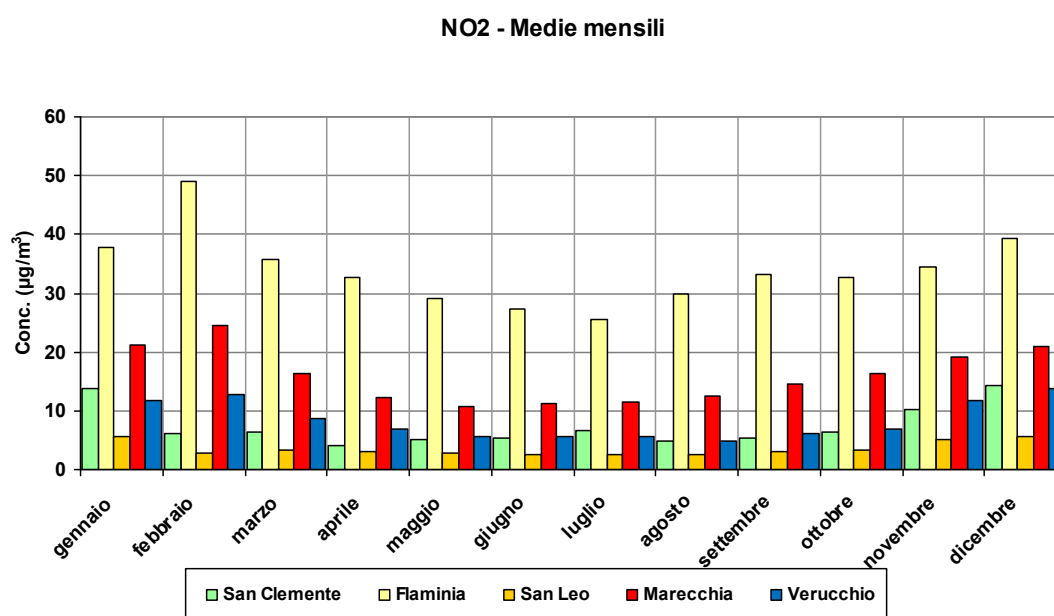
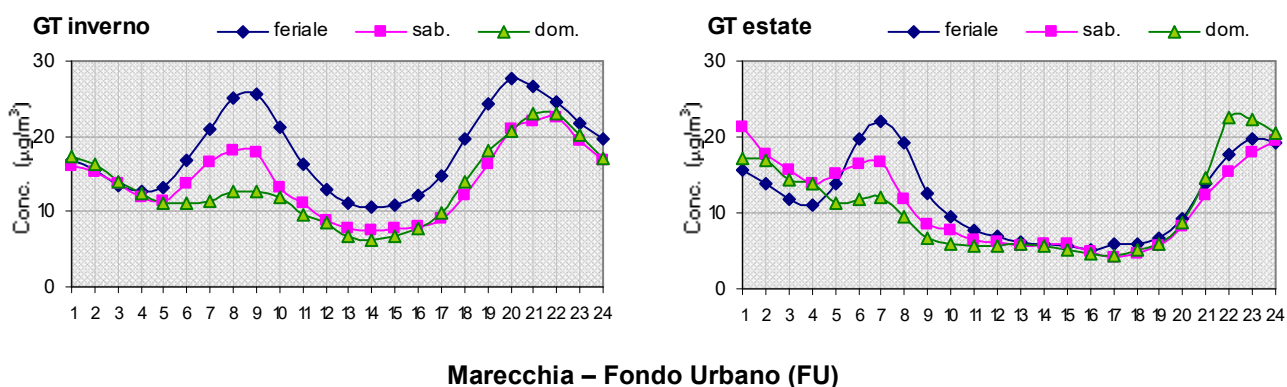
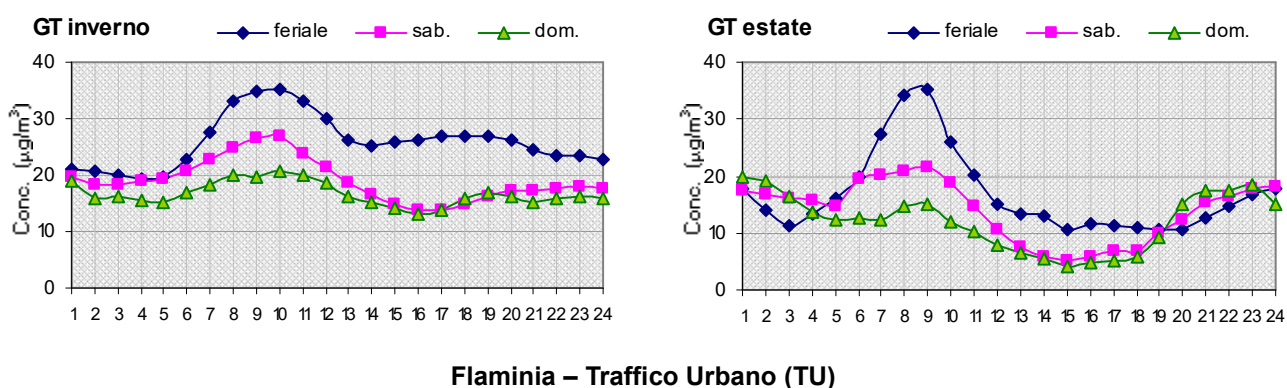
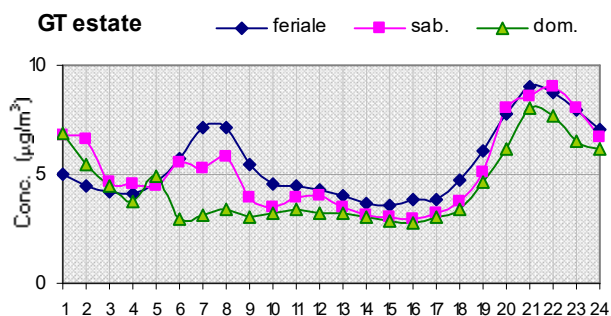
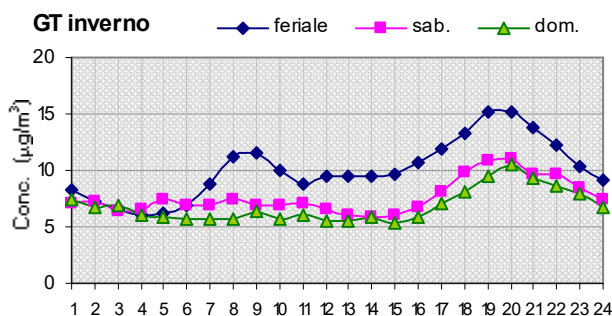


Figura 4.2 Medie Mensili anno 2023

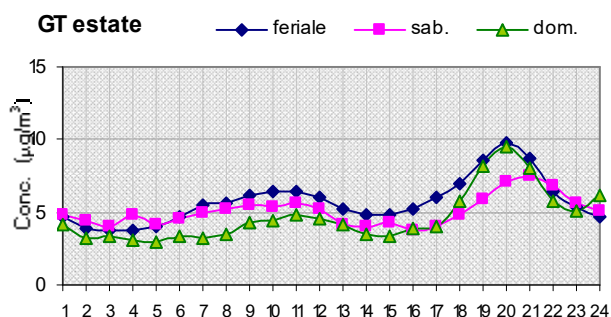
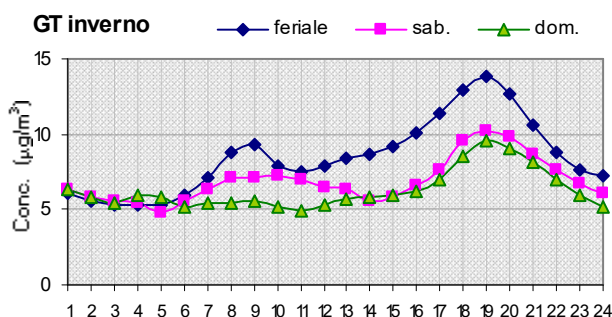
Per visualizzare l'andamento delle concentrazioni orarie di un inquinante che mediamente si riscontrano nella giornata, si può calcolare e rappresentare graficamente il «giorno tipico - GT».

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. Esso rappresenta quindi un ipotetico giorno "medio" e permette di evidenziare la tipica ciclicità giornaliera e di minimizzare le fluttuazioni casuali. I grafici che seguono (Figura 4.3) sono relativi al GT dell'NO₂ del semestre estivo e del semestre invernale, con l'ulteriore distinzione tra giorni feriali, prefestivi e festivi.

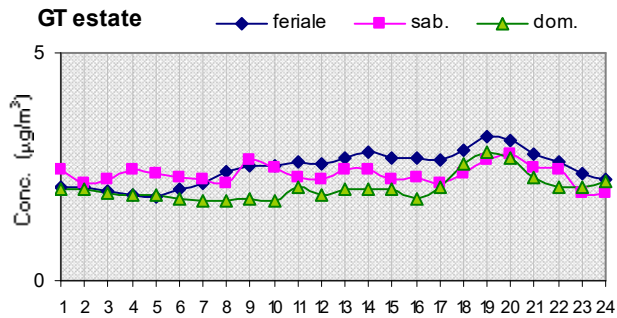
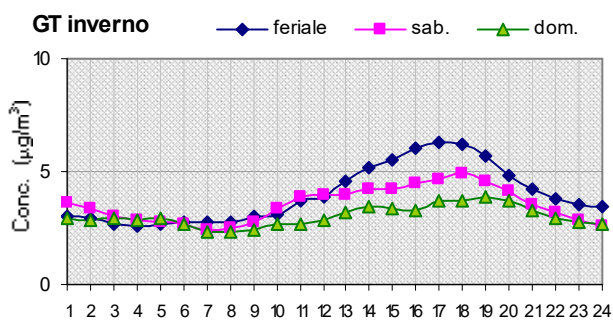




Verucchio – Fondo Sub Urbano (Sub-U)



San Clemente – Fondo Rurale (F-Ru)



San Leo – Fondo Rurale (F-Ru)

Figura 4.3 – Biossido di azoto - giorni tipici (GT) – 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 2013 al 2023:

Tabella 4.3 - Andamento temporale di NO₂ dal 2012 al 2023 (concentrazioni espresse in µg/m³)

Stazione: Flaminia

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	41	39	45	44	40	39	47	32	36	34	34
50°Percentile	40	38	44	43	39	37	39	29	35	32	32
90°Percentile	-	63	73	71	65	64	68	57	61	55	57
95°Percentile	67	71	83	80	74	72	78	66	70	64	65
98°Percentile	75	80	91	90	83	83	89	77	79	76	76
Max	116	121	129	152	129	127	133	121	116	122	122
> 200 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	95	94	93	95	95	97	100	100	100	100

Stazione: Marecchia

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	22	21	24	23	24	19	21	19	18	17	16
50°Percentile	19	18	20	19	19	16	17	15	15	14	12
90°Percentile	-	42	49	47	49	40	44	43	41	36	34
95°Percentile	46	49	59	55	58	47	52	54	49	43	41
98°Percentile	53	59	71	65	69	55	64	69	58	54	50
Max	84	122	110	108	121	107	146	126	94	100	103
> 200 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	98	92	94	95	95	94	98	97	98	99	100

Stazione: Verucchio

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	9	9	10	10	11	9	13	10	10	9	8
50°Percentile	6	7	6	7	7	8	9	<8	<8	<8	<8
90°Percentile	-	20	23	25	24	22	29	20	20	20	17
95°Percentile	26	25	29	30	33	29	40	28	26	25	23
98°Percentile	45	31	36	37	43	37	50	36	35	30	30
Max	62	49	57	55	63	71	136	68	56	47	54
> 200 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	94	93	80	95	97	100	100	100	98	100

Stazione: San Leo*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	-	-	6	7	4	6	<8	<8	<8	<8	<8
50°Percentile	-	-	6	4	3	4	<8	<8	<8	<8	<8
90°Percentile	-	-	13	18	8	11	11	9	9	10	<8
95°Percentile	-	-	17	20	11	15	14	14	13	15	10
98°Percentile	-	-	22	25	17	21	20	21	20	20	15
Max	-	-	38	37	38	45	45	45	41	41	41
> 200 µg/m³	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	-	-	90	73	88	88	98	100	100	99	100

*Stazione attiva dal 01/06/2014

Stazione: San Clemente

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	9	9	11	10	8	8	<8	9	11	9	<8
50°Percentile	6	15	7	6	5	5	<8	<8	9	<8	<8
90°Percentile	-	27	26	24	18	21	19	22	24	20	16
95°Percentile	3	34	34	32	26	29	26	31	31	26	22
98°Percentile	38	45	43	40	35	37	37	41	40	32	29
Max	61	52	69	66	66	71	65	65	70	53	56
> 200 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	98	95	93	76	93	95	100	100	100	98	100

Per gli ossidi di azoto (NO_x) 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 di tale limite. In particolare, i punti di campionamento destinati alla valutazione del rispetto dei limiti di protezione degli ecosistemi o della vegetazione dovrebbero 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 Rimini la stazione che soddisfa questi criteri è la stazione di "San Leo" e, anche in questa postazione, la concentrazione media annuale di NO_x misurata nel 2023 è notevolmente inferiore al limite per la protezione della vegetazione (Tabella 4.4).

NO_x	Riferimenti normativi	Media annua San Leo
D.Lgs. 155/2010	Protezione della vegetazione Media annuale 30 µg/m ³	4 µg/m ³

Tabella 4.4 - NO_x: media annuale 2023

4.2 Monossido di Carbonio CO

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore e inodore generato dalla combustione incompleta delle sostanze contenenti carbonio, in condizioni di difetto di aria, cioè quando il quantitativo di ossigeno non è sufficiente ad ossidare in modo completo le sostanze organiche. La principale sorgente è il traffico veicolare. Le concentrazioni di CO emesse dai veicoli sono correlate alle condizioni di funzionamento del motore e i picchi più elevati si registrano durante le fasi di decelerazione e con motore al minimo. La continua evoluzione tecnologica ha permesso negli ultimi anni una consistente riduzione di questo inquinante.

Valutazione in sintesi



Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione in aria di monossido di carbonio (CO)	2013 - 2023		

Tabella 4.5 – CO: Sintesi valutazione anno 2023 e trend decennale

L'attuale configurazione della Rete Regionale prevede la misura del monossido di carbonio (CO) nella sola postazione di traffico urbano, dove potenzialmente la concentrazione di tale inquinante è più elevata: per la provincia di Rimini il CO è rilevato nella stazione denominata "Flaminia".

I valori di monossido di carbonio mostrano una continua stabilità nell'ultimo decennio e il valore limite per la protezione della salute umana è ampiamente rispettato già da molti anni.

CO [L.Q. = 0,4 mg/m ³]				Concentrazioni in mg/m ³			Limiti Normativi	Valori guida OMS		
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza%	Minimo	Massimo	Media	Media Max 8 ore	Media Max 1 ora	Media Max 8 ore	Max 24 ore
							10 mg/m ³	35 mg/m ³	10 mg/m ³	4 mg/m
Flaminia	Rimini	Traffico	100	<0,4	3	0,6	1,7	3	0,6	1,2

Tabella 4.6 – CO: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalla normativa

Per l'anno 2023, il massimo valore giornaliero della media su 8 ore è di $1,7 \text{ mg/m}^3$, a fronte del valore limite per la protezione della salute umana indicato dal D.Lgs. 155/2010, pari a 10 mg/m^3 .

Già a partire dal 2013 si sono registrate concentrazioni medie annuali molto basse, di poco superiori al limite di quantificazione strumentale ($0,4 \text{ mg/m}^3$).

Nell'ultimo decennio il valore più alto del massimo valore giornaliero della media su 8 ore è $2,5 \text{ mg/m}^3$ e risale al 2016. I dati degli ultimi anni (Tabella 4.7) confermano concentrazioni molto basse e decisamente inferiori al limite di legge. Tale andamento, ormai consolidato, induce a valutare che anche in futuro questo inquinante non presenti particolari criticità.

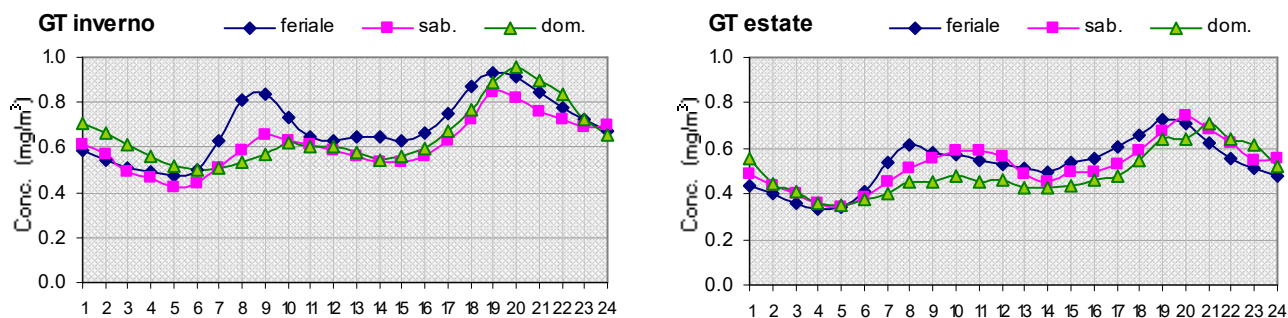
Tabella 4.7 - Andamento temporale di CO dal 2013 al 2023 (concentrazioni espresse in mg/m^3)

Stazione: Flaminia

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6
50°Percentile	0,6	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
90°Percentile	1,0	1,1	1,2	1,2	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1
95°Percentile	1,2	1,3	1,4	1,4	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
98°Percentile	1,5	1,5	1,8	1,7	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,5
Max	3,1	3,3	3,6	3,4	2,4	2,7	2,7	3,4	2,6	2,6	3
Max media 8 h	2,2	2,0	2,4	2,5	2,4	1,8	2,3	2,1	1,8	1,8	1,7
% dati validi	100	100	94	94	95	95	100	100	100	100	100

I grafici successivi (figura 4.4) mostrano i giorni tipici feriali, prefestivi e festivi, suddivisi per il periodo invernale (gen-mar e ott-dic) ed estivo (apr-set). Le concentrazioni sono maggiori nel periodo invernale, ma restano sempre molto contenute.

Nel grafico invernale della stazione di traffico (Flaminia) si colgono due “picchi”: uno intorno alle 8 e l'altro intorno alle 20, in corrispondenza degli orari di punta del traffico cittadino. Soprattutto nel GT invernale, si evidenzia una significativa diminuzione delle concentrazioni misurate nei fine settimana ed in particolare del picco del mattino.



Flaminia – Traffico Urbano

Figura 4.4 – Monossido di carbonio - giorni tipici

4.3 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




Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione in aria a livello del suolo di Ozono	2013 – 2023		
Superamento dei valori obiettivo previsti dalla normativa per l'Ozono	2013 – 2023		

Tabella 4.8 – O₃: Sintesi valutazione anno 2023 e trend decennale

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.

A Rimini si effettuano misure di ozono nelle seguenti stazioni: Marecchia, Verucchio, San Leo e San Clemente.

I valori di ozono misurati nel 2023 confermano il persistere di una situazione critica per questo inquinante, con superamenti dei valori obiettivo per la protezione della salute umana in metà delle stazioni, sebbene la concentrazione oraria di 180 µg/m³, valore soglia per l'informazione e la concentrazione oraria di 240 µg/m³, valore soglia di allarme non siano state superate in nessuna stazione della rete regionale.

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.

O_3 [L.Q. = 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$]				Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Soglia informazione		Soglia allarme	Valori guida OMS			
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza%	Minimo	Massimo	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
						ore di Sup.	giorni di Sup.	ore di Sup	Max Media 8 ore			
Marecchia	Rimini	Fondo Urbano	100	<8	174	0	0	0	153			
Verucchio	Verucchio	Fondo Sub-urb	100	<8	183	2	2	0	154			
San Clemente	San Clemente	Fondo Rurale	100	<8	172	0	0	0	153			
San Leo	San Leo	Fondo Rurale	100	<8	172	0	0	0	163			
O_3	Valori obiettivo per la protezione della salute umana e della vegetazione											
	N. gg superamenti di 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ della media massima di 8 h da non superare per più di 25 gg (media 3 anni)								AOT 40 ¹ ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$) 18000 media 5 anni			
Stazione	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	Anno	Media 3 anni	Anno	Media 5 anni
Marecchia	0	0	0	6	3	6	3	0	18	14	20026	21005
Verucchio	0	0	3	10	10	12	6	2	43	40	27121	26844
San Clemente	0	0	0	0	6	13	7	2	28	25	9126	20041
San Leo	0	0	0	2	5	10	3	0	20	22	11717	14049

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb per l'Ozono) e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rilevate da maggio a luglio in orario 8-20.

Tabella 4.9 – O_3 : parametri statistici e confronto con i valori previsti dalla normativa

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 di 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$): 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 di 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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: Marecchia, Verucchio, S.Leo, S.Clemente.

La formazione dell'ozono dipende fortemente 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 nella Figura 4.5) ed un caratteristico andamento giornaliero, con il massimo di concentrazione in corrispondenza delle ore di maggiore insolazione (Figura 4.6).

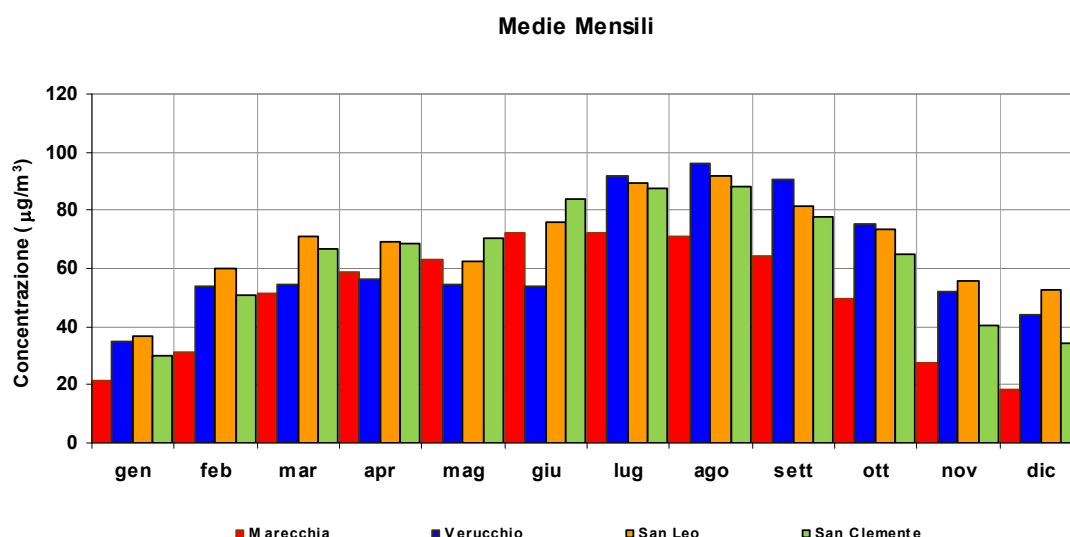


Figura 4.5 Ozono: Concentrazioni medie mensili Stazioni di Fondo – anno 2023

Gli andamenti giornalieri delle concentrazioni di ozono nelle stazioni 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.

Stazioni di Fondo

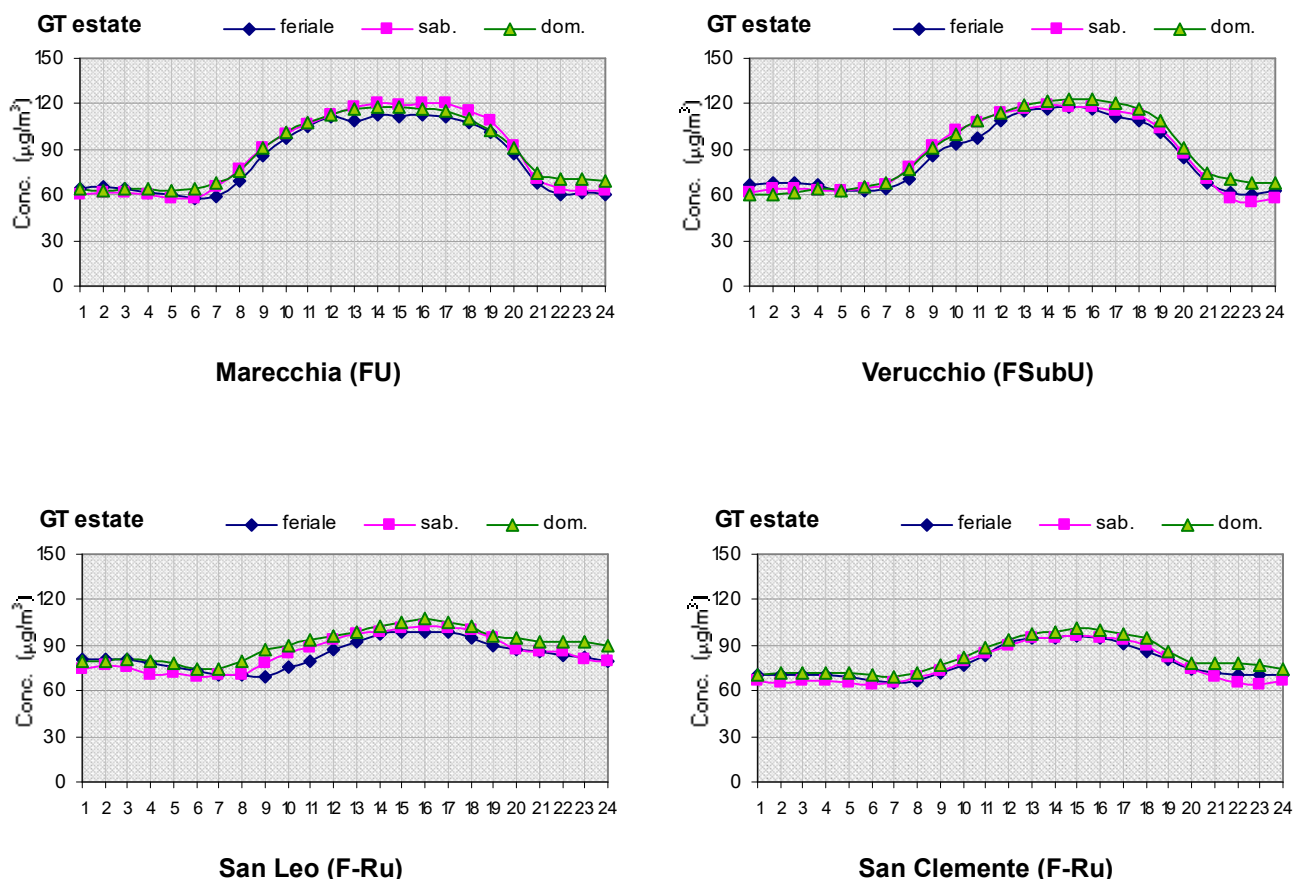


Figura 4.6 - Ozono: giorni tipici estivi – anno 2023

La valutazione della conformità al valore obiettivo per la protezione della salute umana prevede che non vi siano più di 25 giorni in cui il massimo valore della media mobile su 8 supera il valore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I 25 superamenti vanno valutati come media su 3 anni.

Nell'anno 2023, i giorni di superamento sono stati oltre i 25 in due delle 4 stazioni: Verucchio (Fondo Suburbano) e San Clemente (Fondo Rurale).

Considerando la media sui 3 anni, il valore obiettivo non è rispettato solo in una delle 4 stazioni, quella di Verucchio (Fondo Suburbano) che ha una media di 40 superamenti. San Clemente (Fondo Rurale), San Leo (Fondo Rurale) e Marecchia (Fondo Urbano) rispettivamente con 25, 22 e 14 superamenti come media nei 3 anni hanno rispettato i valori obiettivo per la protezione della salute umana.

Il numero di giorni di superamento dei $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dal 2013 al 2023, in ogni singolo anno, è riportato in Figura 4.7.

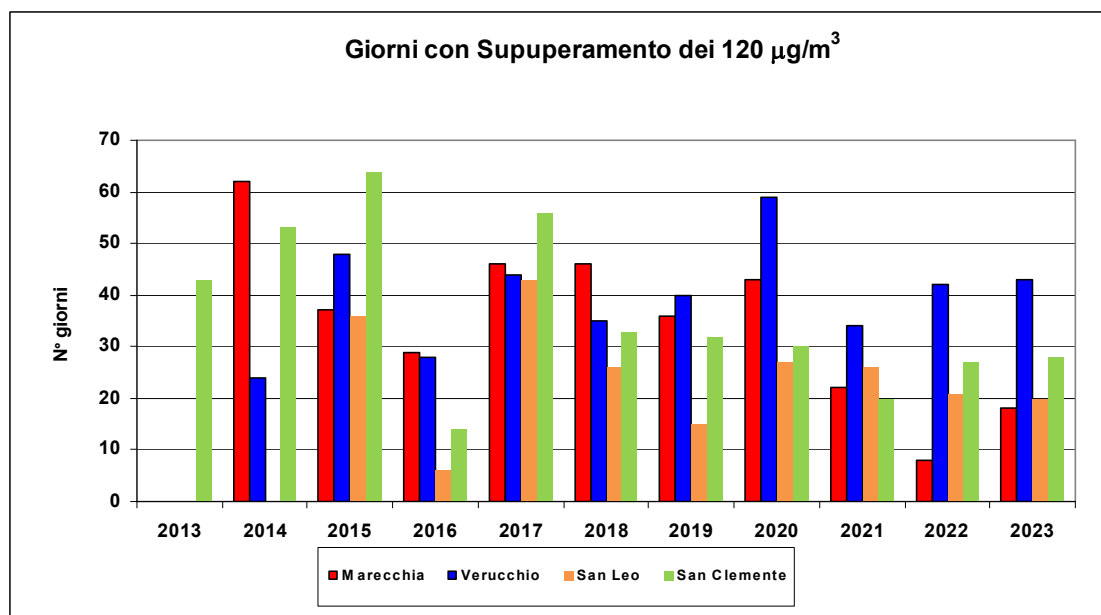


Figura 4.7 Ozono: giorni con superamento dei 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - periodo 2013 - 2023

*Gli analizzatori O₃ delle Stazioni di Marecchia e Verucchio durante il 2013 hanno presentato malfunzionamenti prolungati durante il periodo estivo; di conseguenza l'efficienza risulta inferiore a quanto richiesto dalla normativa, per cui non sono stati elaborati gli indicatori previsti.

** La stazione di S. Leo è attiva da giugno 2014.

Nel 2023, per quanto riguarda gli episodi acuti, la soglia di allarme (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) non è mai stata raggiunta, mentre la soglia di informazione (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) è stata superata 2 volte nella stazione di Verucchio, i giorni 18 luglio e 25 agosto.

Infine, si riportano in Tabella 4.10 alcuni parametri statistici relativi all'ozono, calcolati nel periodo dal 2013 al 2023.

Tabella 4.10 - Andamento temporale dell'ozono dal 2013 al 2023 (concentrazioni espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)**Stazione: Marecchia**

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	-	53	51	46	53	51	50	50	50	46	50
50°Percentile	-	47	46	41	48	44	45	47	47	42	48
90°Percentile	-	112	106	99	109	109	103	101	98	95	99
95°Percentile	-	128	119	111	121	122	116	120	110	105	110
98°Percentile	-	145	134	126	136	134	129	134	122	113	121
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	206	194	169	201	174	188	201	164	151	174
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	62	37	29	46	46	36	43	22	8	18
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	13	3	0	5	0	2	6	0	0	0
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	71	98	94	95	95	97	100	100	100	100	100

Stazione: Verucchio

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	-	55	58	55	63	57	58	63	61	58	64
50°Percentile	-	55	57	54	62	56	57	62	61	58	63
90°Percentile	-	99	107	98	106	103	101	111	104	106	107
95°Percentile	-	111	123	109	120	115	116	128	115	119	119
98°Percentile	-	124	140	127	138	129	131	147	128	129	131
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	161	209	174	187	171	185	212	169	178	183
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	24	48	48	44	35	40	59	34	42	43
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	0	4	0	7	0	5	29	0	0	2
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	72	99	94	92	95	96	100	100	100	100	100

Stazione: San Leo*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	-	-	53	46	61	58	61	63	65	61	68
50°Percentile	-	-	47	42	56	55	61	63	65	59	69
90°Percentile	-	-	101	80	103	95	94	99	100	101	100
95°Percentile	-	-	119	92	123	112	105	112	112	113	110
98°Percentile	-	-	140	107	141	127	118	126	126	125	121
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	196	161	212	172	169	180	164	164	172
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	36	6	43	26	15	27	26	21	20
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	3	0	5	0	0	0	0	0	0
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	-	-	94	94	93	92	100	100	100	98	100

La stazione di San Leo è attiva da giugno 2014

Stazione: San Clemente

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	66	71	75	61	75	67	71	68	66	68	50
50°Percentile	68	75	80	63	75	89	71	70	68	71	48
90°Percentile	-	112	117	95	112	106	105	105	100	106	99
95°Percentile	108	126	130	105	124	117	117	114	109	114	110
98°Percentile	119	139	144	119	139	126	131	125	120	125	121
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	194	186	216	157	195	154	178	168	151	165	174
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	43	53	64	14	56	33	32	30	20	27	28
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2	4	7	0	5	0	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	98	100	93	92	95	96	100	100	100	98	100

4.4 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, detergenti, 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



Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione media annuale di Benzene (C ₆ H ₆)	2013 – 2023		

Tabella 4.11 – Benzene: Sintesi valutazione anno 2023 e trend decennale

Il benzene viene misurato nelle stazioni di traffico urbano in quanto la fonte principale di questo inquinante nelle città è riconducibile alle emissioni dei veicoli. A Rimini il monitoraggio in continuo è effettuato nella stazione:

-Traffico Urbano: Flaminia.

Nel 2023 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.

Benzene C_6H_6 [L.Q. = 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$]				Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$				Limite Normativo
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza %	Minimo orario	Massimo orario	Max Media giornaliera	Max Media settimanale	5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
								Media annuale
Flaminia	Rimini	Traffico	94	<0,1	11,1	4,3	3,5	1,4

Tabella 4.12 – C_6H_6 : parametri statistici e confronto con i valori previsti dalla normativa – strumentazione in continuo

Per il benzene il valore limite per la protezione della salute umana, entrato in vigore il 1° gennaio 2010, è pari a 5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale.

In Tabella 4.12 sono riassunti i parametri statistici relativi alle concentrazioni di benzene rilevate a Rimini: monitoraggio con strumentazione in continuo.

Infatti il benzene (insieme ad altri COV, in particolare toluene e xileni) viene misurato con strumentazione in continuo che fornisce dati con cadenza oraria nella postazione di traffico urbano.

In Figura 4.8 sono rappresentate le concentrazioni medie annuali a partire dal 2013: il valore limite, entrato in vigore nel 2010, è sempre stato rispettato e, a partire dal 2014, la concentrazione annuale è stabilmente inferiore a 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrando un trend costante.

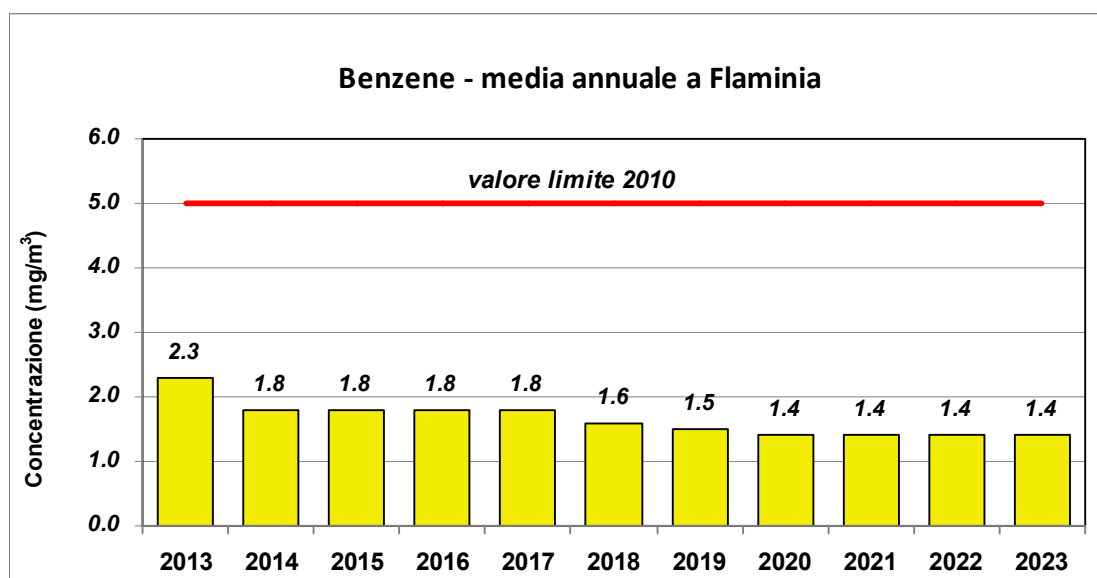
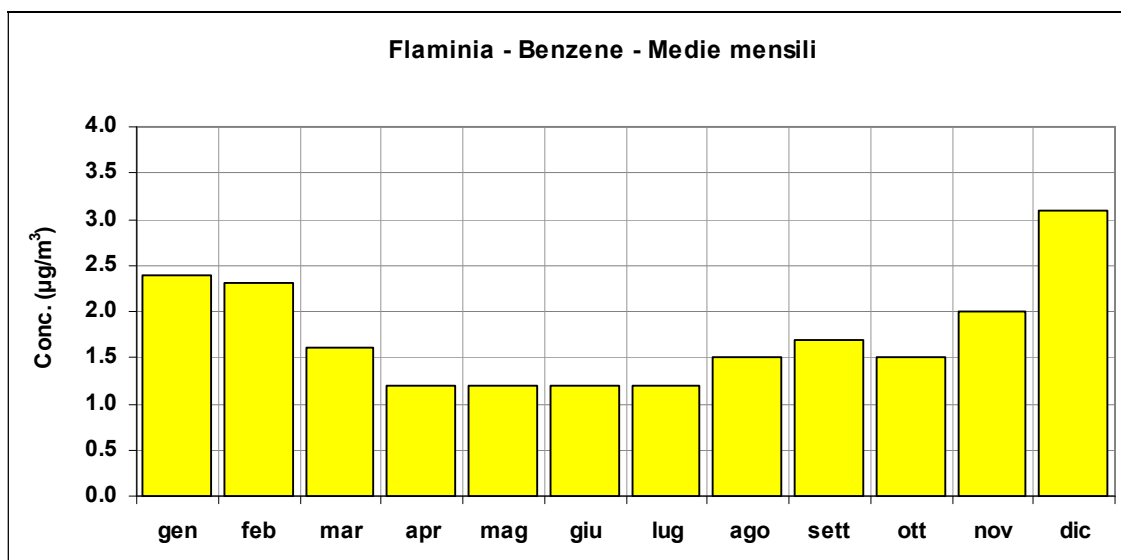


Figura 4.8 - Confronto con il valore limite- D.lgs. 155/10

Il grafico successivo (Figura 4.9) riporta le concentrazioni medie mensili: valori superiori ai $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono stati rilevati nel mese di gennaio, febbraio, novembre e dicembre, periodo in cui anche gli altri inquinanti (ad esclusione dell'ozono) manifestano le concentrazioni più elevate.



**Figura 4.9 - Concentrazioni medie mensili: Flaminia
- monitoraggio continuo - Anno 2023**

La Tabella 4.13 riporta alcuni parametri statistici delle concentrazioni di benzene a partire dal 2013. 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.

Stazione: Flaminia

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	2,3	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,5	1,4	1,4	1,4	1,7
50°Percentile	2,0	1,5	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,0	1,0	1	1,4
90°Percentile	3,9	3,5	3,5	3,4	2,9	2,9	3,0	2,9	2,6	3	3,3
95°Percentile	4,9	4,3	4,6	4,5	3,4	3,9	4,0	4,1	3,4	3,8	4,2
98°Percentile	6,8	5,5	6,5	5,9	5,9	5,0	5,2	5,7	4,6	4,9	5,4
Max	18,4	14,1	23,2	10,4	10,2	10,2	12,2	12,2	9,4	11,1	11,7
N° giorni > 5 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° giorni >10 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	95	98	89	93	96	96	98	100	99	98	99

Tabella 4.13 - Andamento temporale di Benzene dal 2013 al 2023 (concentrazioni espresse in µg/m³)

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

4.5 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



Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione media annuale di Toluene (C ₇ H ₈) e Xileni (C ₈ H ₁₀)	2013 – 2023		

Tabella 4.14 – Toluene e Xileni: Sintesi valutazione anno 2023 e trend decennale

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 (Flaminia).

Nel 2023 i valori di toluene e xileni misurati in tutte le postazioni hanno concentrazioni massime ben al di sotto di valori guida dell'OMS.

In modo analogo al benzene, a partire dal 2015 le concentrazioni di entrambi gli inquinanti sono progressivamente diminuite in tutte le stazioni.

Toluene C_7H_8				Concentrazioni in $\mu g/m^3$				Valori guida OMS
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza%</i>	<i>Massimo orario</i>	<i>Max Media giornaliera</i>	<i>Max Media settimanale</i>	<i>Media annuale</i>	260 $\mu g/m^3$
								Media settimanale
Flaminia	Rimini	Traffico	94	48,6	12,9	9,4	5,5	13,8
Xileni C_8H_{10}				Concentrazioni in $\mu g/m^3$				Valori guida OMS
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza%</i>	<i>Massimo orario</i>	<i>Max Media giornaliera</i>	<i>Max Media settimanale</i>	<i>Media annuale</i>	4800 $\mu g/m^3$
								Media 24 ore
Flaminia	Rimini	Traffico	94	30,4	9,7	7,0	3,8	9,4

Tabella 4.15 – Toluene e Xileni: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalla normativa – strumentazione in continuo

Relativamente allo Xilene, nel monitoraggio in continuo, si misurano 3 isomeri: m-Xilene, p-Xilene e o-Xilene.

La Tabella 4.15 sintetizza le elaborazioni statistiche relative ai campionamenti effettuati e la Figura 4.10 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 4.15).

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.

Flaminia (TU) - Medie mensili 2023

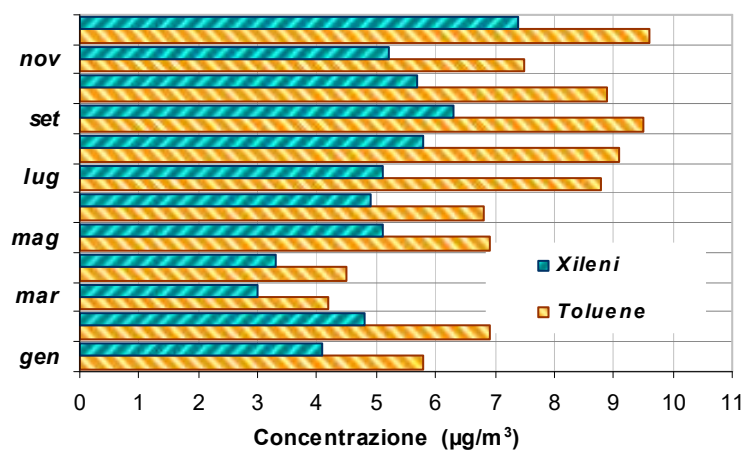


Figura 4.10 – Toluene e Xileni: concentrazioni medie mensili – anno 2023

In Tabella 4.16 sono riportati alcuni parametri statistici relativi a Toluene e Xileni per la serie storica dal 2015 al 2023

Stazione: Flaminia

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Toluene									
% dati validi	94	90	93	96	94	96	99	98	93
Media	9,9	8,9	7,7	6,9	7,5	6,6	6,1	5,5	7,4
Max orario	333,8	82,7	71,9	85,6	64,5	157,5	71,0	48,6	81,6
Xileni									
% dati validi	94	90	93	96	94	96	99	98	94
Media	6,3	5,8	5,0	4,3	5,3	4,0	3,7	3,8	5,1
Max orario	48,1	37,6	42,8	29,4	48,6	43,0	37,4	30,4	23,3

Tabella 4.16 - Andamento temporale di Toluene e Xileni dal 2015 al 2023 (concentrazioni espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.6 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 determinare effetti negativi sulla salute. Il particolato può essere emesso direttamente dalle sorgenti in atmosfera (particolato 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 morbidità, 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 possibili».

Valutazione in sintesi





<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di particolato PM10	2018 – 2023		
Numero superamenti del limite giornaliero per particolato PM10	2018 – 2023		

Tabella 4.17 – PM10: Sintesi valutazione anno 2023 e trend

Il PM10 viene misurato in tutte le stazioni della rete, ad esclusione della stazione di fondo rurale (San Clemente), dove si misura il PM2.5.

Nel 2023 in tutte le stazioni della Provincia di Rimini sono stati rispettati sia il limite della media annuale del PM10 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) che il limite giornaliero (media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte in un anno).

I valori guida dell'OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale e $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come concentrazione massima sulle 24 ore) sono stati superati in tutte le stazioni ad eccezione della stazione di San Leo che ha rispettato la media annuale ($11 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La media annuale, già da diversi anni, si attesta attorno al valore di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella stazione di traffico urbano di Flaminia e intorno a valori inferiori nelle altre stazioni; 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.

PM10 [L.Q. = $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$]				Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Limiti Normativi	
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<i>Media annuale</i> $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <i>Valori guida OMSS: $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$</i>	<i>Max 35</i> <i>Valori guida OMS: $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare mai</i>
						<i>Media anno</i>	<i>N° giorni Sup. $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$</i>
Flaminia	Rimini	Traffico	99	4	83	27	34 (OMS 46)
Marecchia	Rimini	Fondo Urbano	98	<3	80	24	20 (OMS 31)
Verucchio	Verucchio	Fondo Sub-urb	97	<3	65	18	3 (OMS 5)
San Leo	San Leo	Fondo Rurale	96	<3	47	11	0 (OMS 1)

Tabella 4.18 – PM10: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalla normativa

Le Figure 4.11 e 4.12 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 2023 sia la media annuale di ciascuna stazione, che il numero di superamenti risultano in lieve diminuzione rispetto agli anni precedenti.

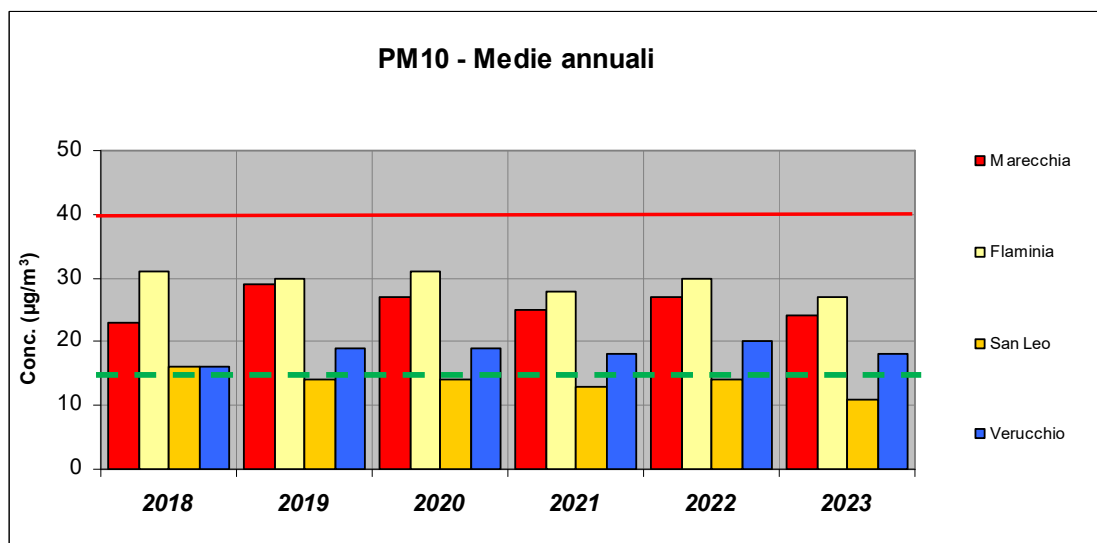


Figura 4.11 – PM10 medie annuali

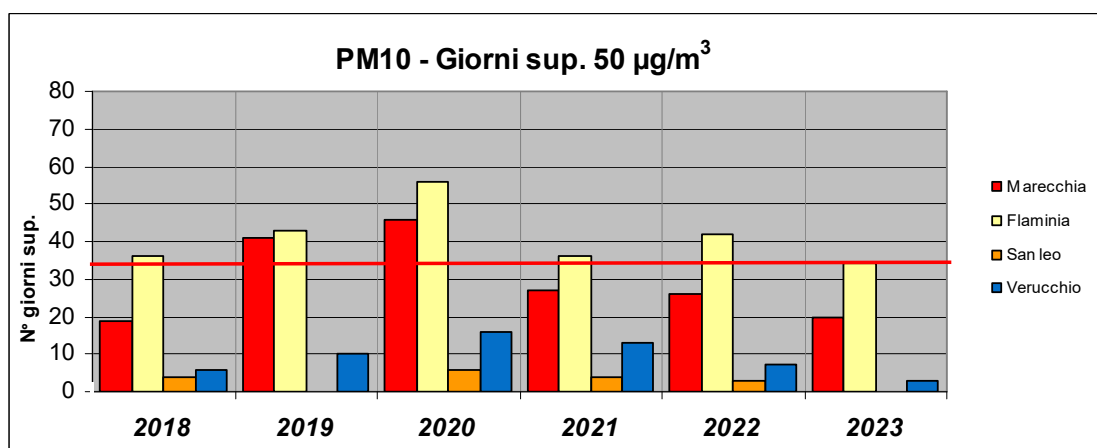
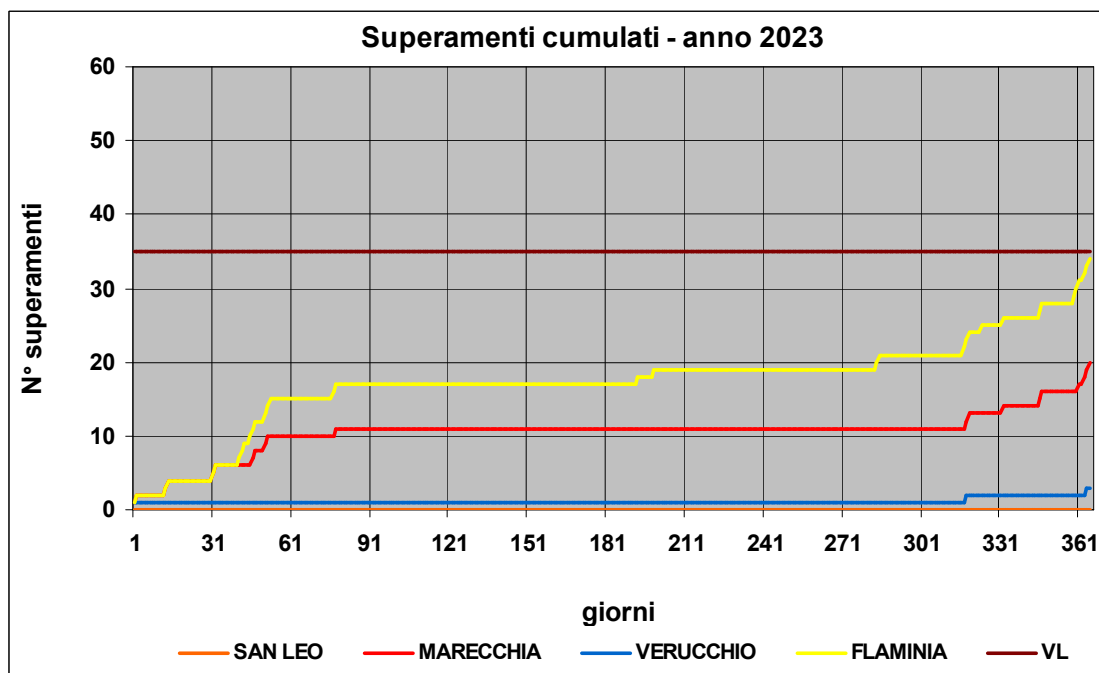


Figura 4.12 – PM10 giorni con superamento dei 50 µg/m³



**Figura 4.13 – PM10 Superamenti cumulati - TU, FU , FSub-U e F-Ru
Stazioni RRQA**

In figura 4.13, per ciascuno dei 365 giorni dell'anno e per ciascuna stazione, sono riportati i giorni di superamento dall'inizio dell'anno (superamenti cumulati) del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I 35 superamenti consentiti in un anno non sono stati raggiunti in nessuna stazione: il numero maggiore è stato registrato nella stazione di Flaminia il 365° giorno (31 dicembre 2023).

Le medie mensili di PM10 (Figura 4.14), come prevedibile, sono più elevate nei mesi invernali con concentrazioni, a febbraio e dicembre, superiori a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella sola stazione di Traffico Urbano (Flaminia).

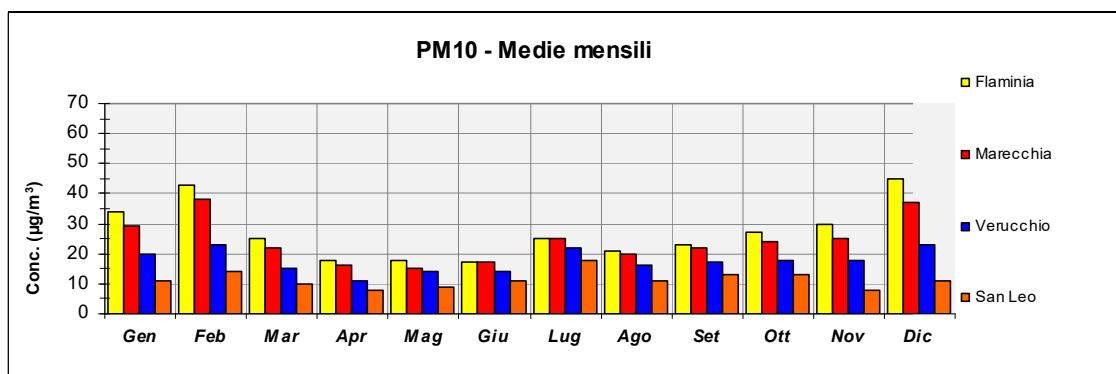


Figura 4.14 – PM10 medie mensili – Stazioni RRQA

Infine, la Tabella 4.19 riporta alcuni parametri relativi al PM10, calcolati a partire dal 2018.

Stazione: Flaminia

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	31	30	31	28	30	27
50°Percentile	27	25	23	23	25	23
90°Percentile	51	53	63	51	53	49
95°Percentile	64	65	74	62	59	57
98°Percentile	73	75	90	76	76	67
Max	87	88	140	119	92	83
> 50 µg/m³	36	43	56	36	42	34
% dati validi	96	95	98	96	100	99

Stazione: Marecchia

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	23	29	27	25	27	24
50°Percentile	20	25	20	22	23	21
90°Percentile	40	53	56	46	47	42
95°Percentile	51	65	69	56	55	51
98°Percentile	57	74	80	66	64	58
Max	74	88	132	95	76	80
> 50 µg/m³	19	41	46	27	26	20
% dati validi	93	95	95	96	99	98

Stazione: Verucchio

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	16	19	19	18	20	18
50°Percentile	15	16	15	16	18	16
90°Percentile	27	33	37	34	35	30
95°Percentile	34	44	49	43	42	35
98°Percentile	45	53	68	54	50	44
Max	57	60	123	94	64	65
> 50 µg/m³	6	10	16	13	7	3
% dati validi	98	98	98	98	100	97

Stazione: San Leo

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	16	14	14	13	14	11
50°Percentile	15	12	11	10	13	10
90°Percentile	27	25	26	24	25	20
95°Percentile	34	32	33	31	29	24
98°Percentile	45	40	43	39	38	28
Max	57	49	135	65	55	47
> 50 µg/m³	4	0	6	4	3	0
% dati validi	95	96	98	97	98	96

Tabella 4.19 - Andamento temporale del PM10 dal 2018 al 2023 (dati giornalieri in µg/m³)

4.7 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 ultrafine 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 (PM10 e PM2.5) e un aumento della mortalità e morbidità, 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale e 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media sulle 24 ore), pone l'obiettivo di raggiungere «le più basse concentrazioni di PM possibile».

Valutazione in sintesi



Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione media annuale di Particolato fine (PM2.5)	2018 – 2023		

Tabella 4.20 – PM2.5: Sintesi valutazione anno 2023 e trend

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

Nel 2023 il valore limite della media annuale del PM2.5 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stato rispettato in tutte le postazioni, così come il “limite indicativo” ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$): situazione da consolidare, e possibilmente migliorare, anche nei prossimi anni, considerato l'impatto che l'inquinante ha sulla salute.

La stagione più critica è sempre quella invernale, quando le concentrazioni di PM2.5 rappresentano oltre il 70% 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.

<i>PM2.5</i> [L.Q. = $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$]				<i>Concentrazioni</i> <i>in $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>		<i>Limite</i> <i>Normativo</i>	<i>Limite</i> <i>indicativo</i>
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza</i> <i>%</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<i>25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i> <i>Valori guida OMS:</i> <i>5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>	<i>20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>
						<i>Media anno</i>	<i>Media anno</i>
Marecchia	Rimini	Fondo Urbano	98	<3	69	16	16
San Clemente	San Clemente	Fondo Rurale	98	<3	49	9	9

Tabella 4.21 – PM2.5: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalla normativa

Nelle stazioni della Rete regionale di Rimini il PM2.5 viene monitorato nelle centraline di Fondo Urbano “Marecchia” e Fondo rurale “San Clemente”.

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

- Fase 1: a partire dal 1/1/ 2015, il un valore limite della media annuale del PM2.5 è $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- 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 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ viene di seguito riportato come “limite indicativo”.

Nel 2023, nella rete di Rimini, in tutte le stazioni è rispettato sia il valore limite della media annuale ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sia il “limite indicativo” ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Non è invece rispettato in nessuna postazione il valore guida dell'OMS, più restrittivo ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Di seguito si riporta il grafico con le medie mensili (Figura 4.15): solo in alcuni mesi estivi le concentrazioni nelle stazioni di fondo sono inferiori a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

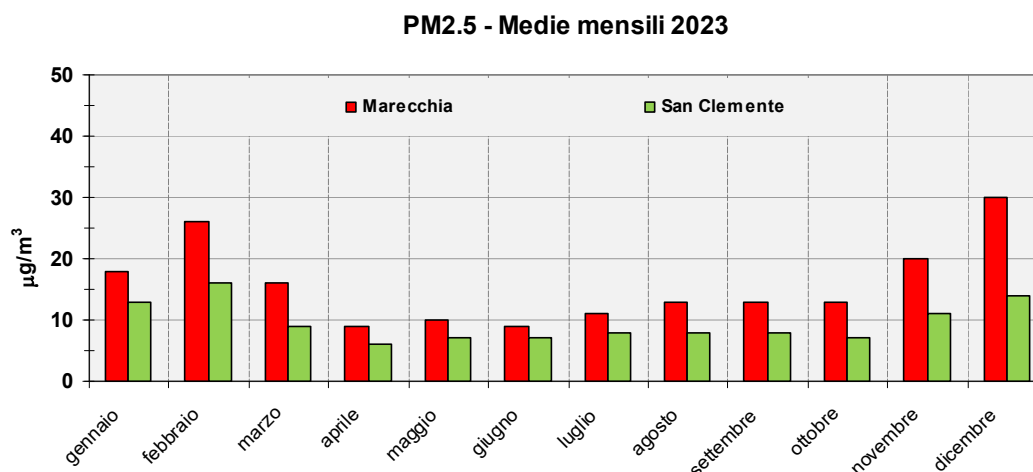


Figura 4.15 – PM2.5: medie mensili 2023

In Figura 4.16 sono riportate le medie annuali rilevate dal 2018 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 è abbondantemente superato in tutte le stazioni.

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 per tale anno il numero di superamenti è maggiore rispetto agli anni precedenti (Figura 4.17).

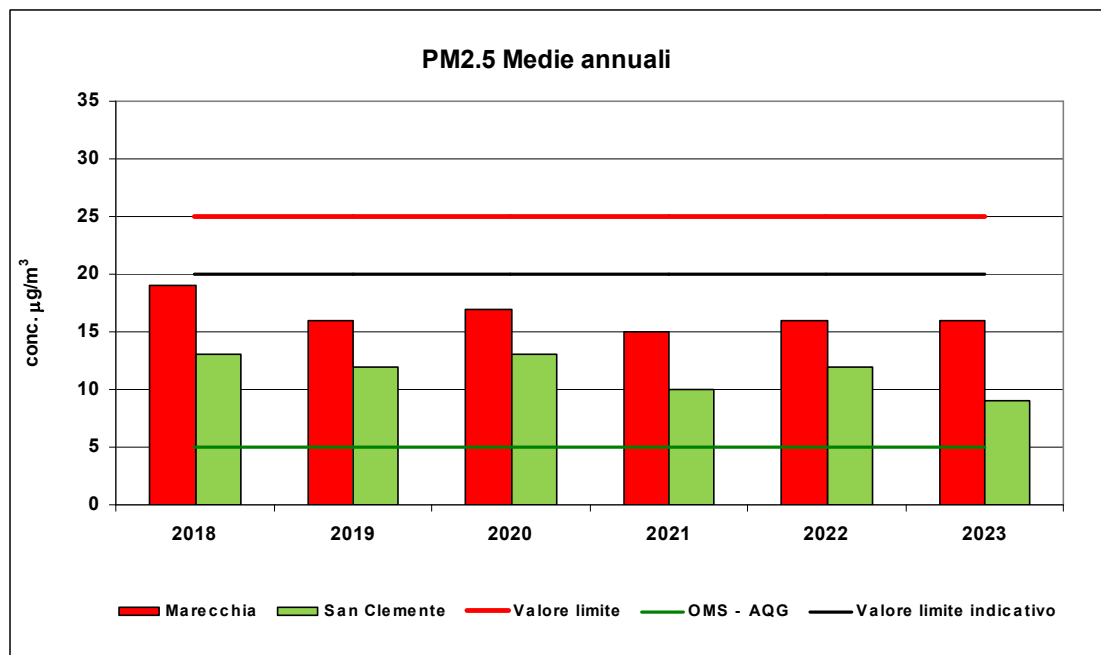


Figura 4.16 – PM2.5: medie annuali nell'intervallo 2018 - 2023

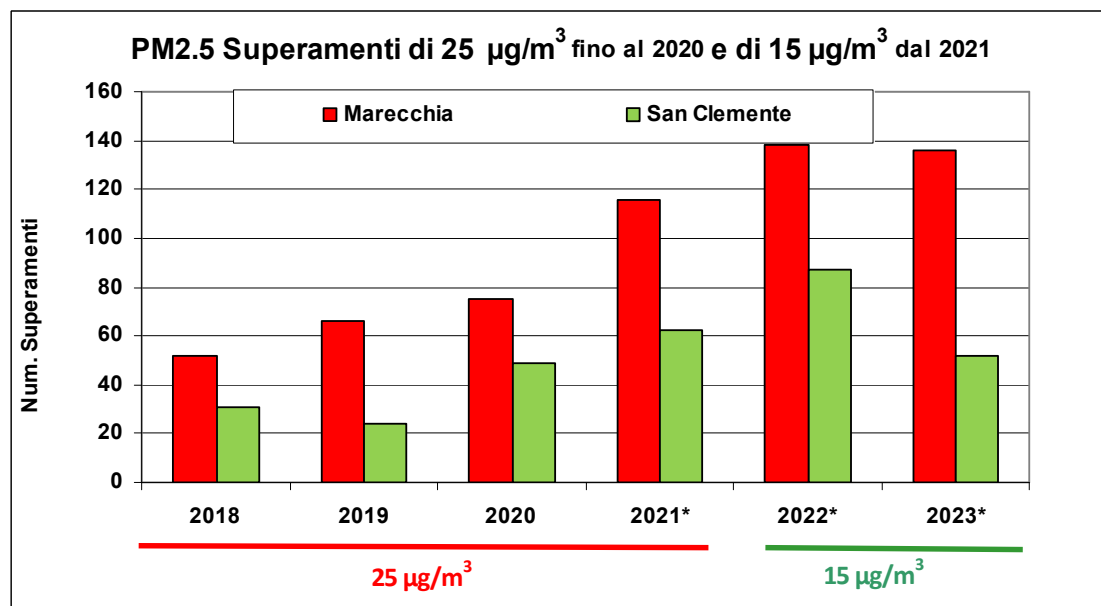


Figura 4.17 – PM2.5: N° superamenti della media giornaliera di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nell'intervallo 2018 - 2020 e di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dal 2021

Nella stazione di Marecchia è effettuata la misurazione sia di particolato PM10 sia di PM2.5. Dal rapporto percentuale giornaliero delle concentrazioni delle due frazioni granulometriche, PM2.5/PM10 è stata calcolata, e riportata in grafico, la media mensile (Figura 4.18).

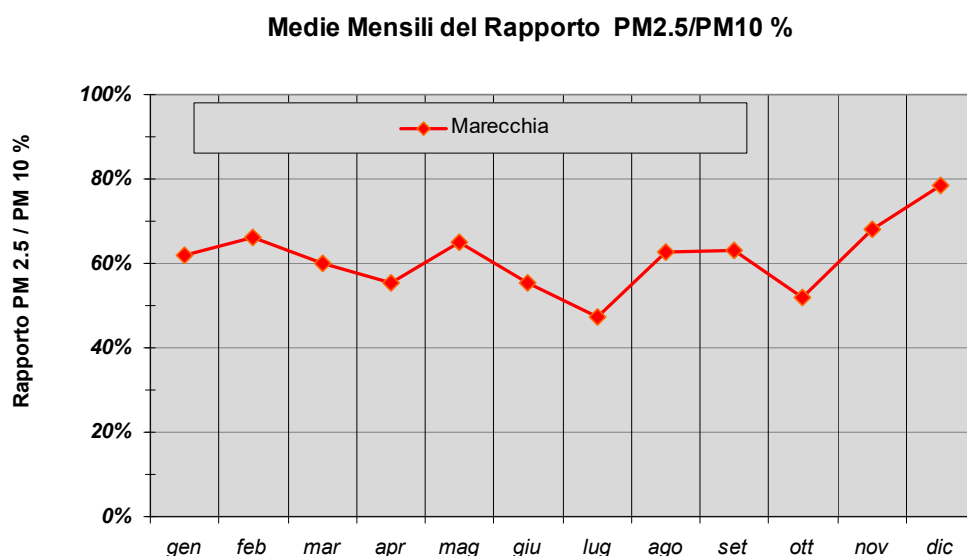


Figura 4.18
Rapporto
PM2.5/PM10
(quale % di
PM10 è PM2.5):
medie mensili
2023

Dagli andamenti del rapporto si osserva una certa 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.

La Tabella 4.22 riporta alcuni parametri statistici relativi al PM 2.5, calcolati a partire dal 2018.

Tabella 4.22 - Andamento temporale PM2.5 dal 2018 al 2023 (dati giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stazione: Marecchia

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	19	16	17	15	16	16
50°Percentile	13	11	10	11	13	12
90°Percentile	34	36	44	32	33	31
95°Percentile	45	49	50	41	38	40
98°Percentile	48	55	55	50	46	46
Max	71	62	89	67	60	69
$> 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2016/2020	52	66	75	-	-	-
$> 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dal 2021	-	-	-	116	138	136
% dati validi	89	95	93	96	99	98

Stazione: San Clemente

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Media	13	12	13	10	12	9
50°Percentile	10	9	9	8	9	8
90°Percentile	25	23	30	22	24	18
95°Percentile	31	28	37	27	29	23
98°Percentile	40	41	48	33	38	30
Max	63	57	80	54	51	49
$> 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2016/2020	31	24	49	-	-	-
$> 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dal 2021	-	-	-	62	87	52
% dati validi	98	97	98	98	97	98

4.8 Analisi sul particolato

Il particolato PM10 e PM2.5 raccolto sui filtri della stazione Marecchia, facente parte della RRQA, viene sottoposto ad analisi per la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici e dei metalli.

Il D.Lgs. 155/2010 indica, nell'Allegato VI, i metodi di riferimento da utilizzare per il campionamento e la misurazione di piombo, arsenico, cadmio, nichel e del Benzo(a)Pirene nell'aria ambiente.

4.8.1 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono idrocarburi aromatici ad elevato peso molecolare, la cui molecola è formata da due o più anelli benzenici, saldati in modo da avere in comune due o più atomi di carbonio. Vengono suddivisi, in funzione del peso molecolare e del numero di atomi, in IPA leggeri (2-3 anelli condensati) e IPA pesanti (4-6 anelli). La pericolosità di alcuni IPA deriva principalmente dalla loro semi-volatilità che li rende particolarmente mobili attraverso le varie matrici ambientali.

Il composto più studiato e rilevato è il Benzo(a)Pirene [BaP] del quale l'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (IARC) ha accertato la cancerogenicità per l'uomo (Gruppo 1).

In Europa, negli anni Novanta, è stata stimata una concentrazione atmosferica media annua di questo IPA compresa fra 0,1 e 1 ng/m³ in area rurale e fra 0,5 e 3 ng/m³ in area urbana.

In particolari aree geografiche, le principali sorgenti naturali di IPA nell'ambiente sono costituite da incendi boschivi e vulcani. Per quanto riguarda le sorgenti antropiche, il maggior contributo deriva dalla combustione incompleta di composti organici durante processi industriali ed altre attività come la trasformazione di combustibili fossili, la produzione di alluminio, acciaio e di materiali bituminosi, l'incenerimento di rifiuti, la produzione di energia termoelettrica, il traffico veicolare, il riscaldamento domestico e il fumo di tabacco. In particolare, durante i processi di combustione gli IPA vengono inizialmente generati in fase gassosa e permangono solo per breve tempo in questa fase in quanto, a causa della loro bassa tensione di vapore, tendono rapidamente a condensarsi e ad essere adsorbiti dalle particelle sospese, che, per la loro elevata superficie specifica, presentano alta capacità di adsorbimento anche per questi inquinanti.

In atmosfera l'esposizione agli IPA non è mai legata ad un singolo composto, ma ad una miscela generalmente adsorbita al particolato atmosferico. La distribuzione dei diversi isomeri tra fase gassosa e particolata dipende, in ultima analisi, dal peso molecolare: composti a basso peso molecolare sono praticamente presenti solo nella fase gassosa, mentre i composti definiti pesanti sono per lo più adsorbiti sul particolato atmosferico.

Il metodo analitico utilizzato per la determinazione degli IPA prevede l'estrazione del materiale particellare con solvente e la successiva purificazione su colonna di gel di silice. L'eluato così raccolto viene ripreso con un volume noto di toluene. La determinazione analitica finale viene

effettuata per gascromatografia ad alta risoluzione interfacciata ad un rilevatore costituito da uno spettrometro di massa a bassa risoluzione.

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) – Benzo(a)pirene	2018 - 2023	😊	😊

Tabella 4.23 – Benzo(a)pirene: Sintesi valutazione anno 2023 e trend

Nel 2023 il valore obiettivo di 1,0 ng/m³ come media annuale della concentrazione del Benzo(a)pirene, valido a partire dal 2012, è stato rispettato.

Le concentrazioni dell'ultimo quinquennio (2019-2023) sono stabili e contenute, pertanto la criticità segnalata non è relativa alle concentrazioni rilevate quanto alla classificazione dell'inquinante come accertato cancerogeno.

<i>IPA</i> <i>Concentrazione di inquinante nella frazione PM10</i>				<i>Medie mensili di Benzo(a)pirene in ng/m³</i>		<i>Limiti Normativi</i>
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza%</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<i>1,0 ng/m³</i>
						<i>Media annuale Benzo(a)pirene</i>
Marecchia	Rimini	Fondo Urbano	99	0,01	0,86	0,28

Tabella 4.24 – IPA nel particolato PM10: parametri statistici e confronto con i limiti normativi

In Figura 4.19 sono riportate le concentrazioni medie annuali di Benzo(a)pirene (in ng/m³), rilevate nella postazione del comune di Rimini, negli ultimi 5 anni. La media annuale del 2023 è inferiore a quella del precedente anno, ma comunque maggiore di quella dell'anno 2021. In generale, si osserva un trend altalenante ma sempre abbondantemente inferiore al limite normativo di 1,0 ng/m³.

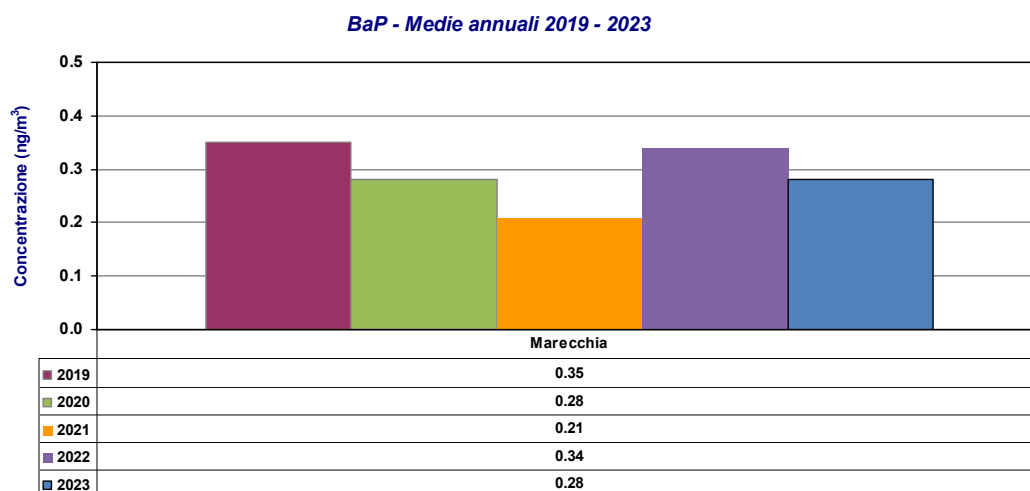


Figura 4.19 – Concentrazioni medie annuali BaP – anni 2019 – 2023

L'istogramma delle concentrazioni medie mensili di BaP (Figura 4.20), così come quello del particolato, mostra un marcato andamento stagionale, con concentrazioni anche al di sotto della sensibilità analitica nei mesi primaverili ed estivi e valori apprezzabili nel periodo invernale (la media più alta è di 0,87 ng/m³ nel mese di Febbraio).

Le basse concentrazioni nei mesi estivi sono riconducibili alla concomitanza di diversi fattori: la riduzione delle sorgenti attive (minor uso dell'auto, riscaldamenti spenti, ...), la presenza di condizioni meteorologiche più favorevoli alla dispersione degli inquinanti (venti più intensi, acquazzoni che dilavano l'atmosfera, assenza di inversione termica) ed una maggiore insolazione, in grado di favorire reazioni di degradazione degli IPA.

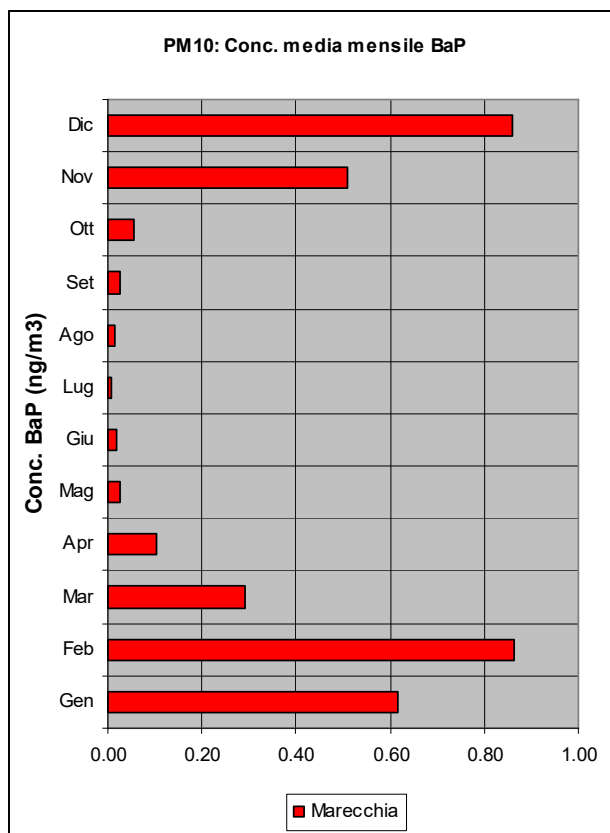


Figura 4.20 – Andamento temporale delle concentrazioni medie mensili di BaP nel PM10 nel 2023

Il grafico di Figura 4.21 riporta le concentrazioni medie annuali degli IPA richiamati dal D.lgs 155/2010: il congenere a concentrazione maggiore è il Benzo[b+j]fluorantene, classificato dallo IARC come possibile cancerogeno per l'uomo (2B); gli altri composti si attestano su valori più bassi.

Particolarmente basse sono le concentrazioni di Dibenzo(a,h+a,c)Antracene (Da+hA), anch'esso classificato dallo IARC come 2B.

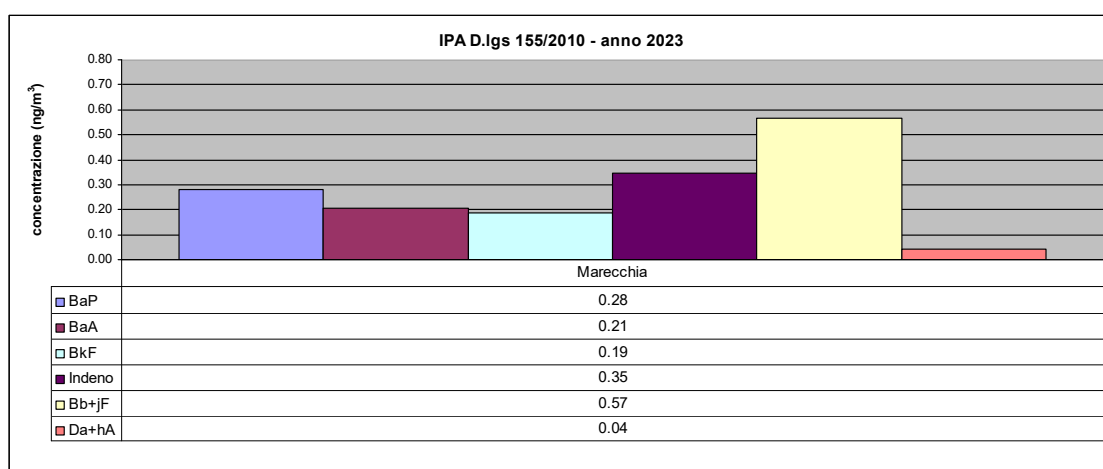


Figura 4.21 – Media annuale sul particolato PM10 (2023) degli IPA indicati dal D.lgs. 155/2010

4.8.1.1 Rapporti diagnostici

È stato approfondito lo studio dei rapporti fra i vari IPA.

In letteratura sono citati alcuni valori di “rapporto diagnostico” - definito come relazione tra le concentrazioni di IPA considerati dei marker per particolari sorgenti antropiche - che consentono di formulare ipotesi circa la sorgente prevalente nella formazione di questi composti.

In particolare, sono stati calcolati i rapporti diagnostici riportati in tabella 4.19, con riferimento all'anno 2023 e il risultato denota una predominanza, pressoché in tutte le postazioni, dell'apporto dato dalla sorgente “traffico veicolare”.

Table 4
PAHs diagnostic ratios used as source indicator

Diagnosis ratio	Value	Sources	References
Fluorene/(fluorene + pyrene)	>0.5	Diesel	Rogge et al. (1993a,b); Mandalakis et al. (2002); Fang et al. (2004); Ravindra et al. (2006a, b)
	<0.5	Gasoline	
benzo[b]fluoranthene/ benzo[k]fluoranthene	>0.5	Diesel	Pandey et al. (1999); Park et al. (2002)
B[a]P/benzo[ghi]perylene	0.5–06	Traffic emission	Pandey et al. (1999); Park et al. (2002); Pandey et al. (1999)
Indeno[1,2,3-cd]pyrene/benzo[ghi]perylene	>1.25	Brown coal ^b	
	<0.4	Gasoline	Cariocchia et al. (1999)
CPAHs/TPAHs ^a	~1	Diesel	Prahl et al. (1984); Takada et al. (1990); Mantis et al. (2005) Ravindra et al. (2006a, 2008); Gogou et al. (1996)
	~1	Combustion	
Fluoranthene/benzo[e]pyrene	3.5±0.5	Automobile exhaust	Oda et al. (2001)
Pyrene/benzo[e]pyrene	6±1		
Pyrene/B[a]P	~10	Diesel engine	
	~1	Gasoline engine	
Fluoranthene/pyrene	0.6	Vehicle	Neilson (1998)

^aSum of major non-alkylated compounds (fluorene + pyrene + benzo[a]anthracene + chrysene + benzo[b]fluoranthene + benzo[k]fluoranthene + B[a]P + indeno[1,2,3-cd]pyrene + benzo[ghi]perylene)/total concentration of PAHs.

^bUsed for residential heating and industrial operation.

Tabella 4.25– Esempi di rapporti diagnostici (Ravindra et. al., atm environment (2008) doi:10.1016/j.atmosenv.2007.12.010).

In Tabella 4.25 si riportano i valori dei rapporti, calcolati per l'anno 2023 a Rimini, di:

- *Indeno(1,2,3, c,d) pirene/ [Indeno(1,2,3, c,d) pirene+ Benzo(g,h,i)perilene]*
- *BaP / (BaP + crisene).*

(evidenziati in rosso nella tabella 4.25).

Per ogni rapporto è stata calcolata la media annua e la media dei soli mesi autunnali e invernali (gennaio-marzo e ottobre-dicembre), escludendo il semestre estivo (aprile – settembre) perché gli IPA - per effetto dell'insolazione - subiscono reazioni di degradazione, diverse come modalità e intensità fra i vari composti, e questo modifica il valore del rapporto diagnostico riscontrabile alla sorgente.

Rapporto medio					
		$I(1,2,3,c,d)P / (I(1,2,3,c,d)P + B(g,h,i)Pe)$		$BaP / (BaP + \text{crisene})$	
Stazione		2023	autunno ed inverno 2023	2023	autunno ed inverno 2023
Marecchia	PM10	0,51	0,51	0,59	0,59

Tabella 4.26 – Rapporti diagnostici per IPA

Il rapporto $I(1,2,3,c,d)P / [I(1,2,3,c,d)P + B(g,h,i)perilene]$ è stabile e si riscontrano valori compresi nel range di riferimento tipico delle emissioni da traffico veicolare, sia nell'anno sia in inverno.

Anche il rapporto $BaP / [(BaP + \text{Crisene})]$ non varia significativamente: è simile in tutte le postazioni e i valori sono compresi fra quelli tipici di emissioni da veicoli a benzina (0.73) e veicoli diesel (0.5).

Per gli IPA considerati nei rapporti diagnostici (Benzo(a)pirene, Crisene, Indeno(1,2,3,c,d)pirene e Benzo(g,h,i)perilene,) si riportano le medie mensili nella postazione di riferimento di Fondo Urbano Marecchia (Figura 4.22).

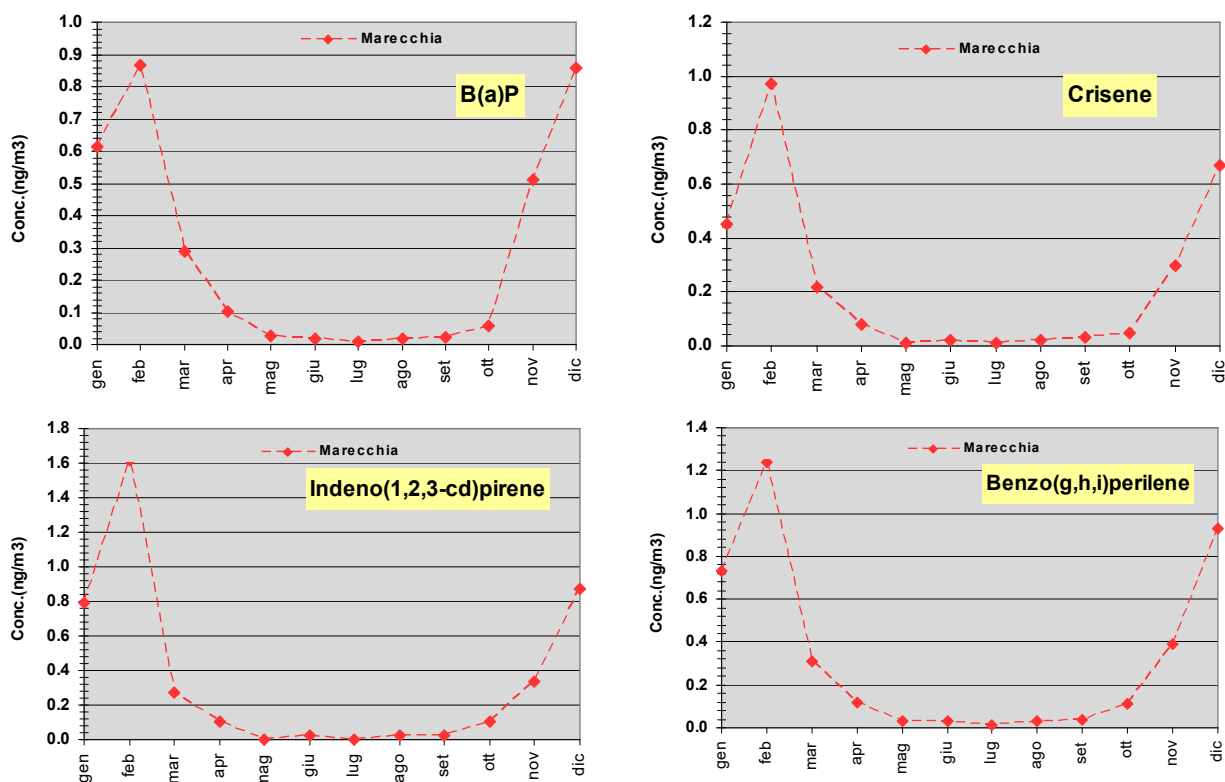


Figura 4.22 – Medie mensili degli IPA considerati nei rapporti diagnostici 2023

I due rapporti diagnostici del semestre invernale degli ultimi cinque anni sono riportati, come istogrammi, in Figura 4.23.

Nel primo rapporto, il trend in leggero calo, non viene confermato negli ultimi 2 anni.

Il rapporto $BaP/(BaP+Crisene)$, nel 2023 risulta superiore a 0,5 (valore indicativo per veicoli a benzina).

Sullo stesso grafico è riportato il range di valori “tipici” per il traffico veicolare nel rapporto $Indeno/(indeno+benzo(g,h,i)perilene)$ e quelli “tipici” di veicoli diesel e benzina per il rapporto $BaP/(BaP+Crisene)$.

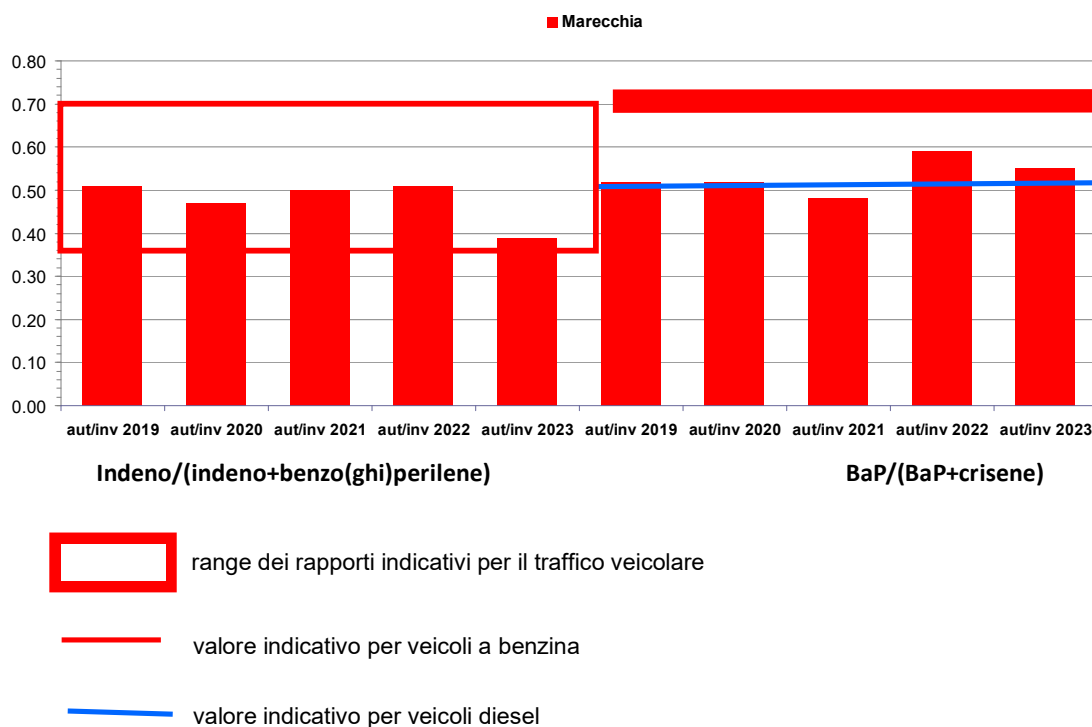


Figura 4.23 – Rapporti diagnostici, mesi invernali e autunnali 2019 – 2023

4.8.2 Metalli

Nel particolato atmosferico sono presenti metalli di varia natura. Quelli di maggior rilevanza sotto il profilo tossicologico per i quali esiste un limite normativo sono: nichel, cadmio, arsenico e piombo; tali metalli hanno evidenziato un'ampia gamma di effetti tossici sulla salute e sono classificati dall'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (IARC) come cancerogeni per l'uomo.

I metalli presenti nel particolato provengono da diverse fonti sia naturali che antropiche:

- **Alluminio (Al), Ferro (Fe), Silicio (Si), Potassio (K), Manganese (Mn), Calcio (Ca), Cromo (Cr)**: costituenti della crosta terrestre = suolo, rocce;
- **Sodio (Na), Cloro (Cl), Magnesio (Mg)**: aerosol marino;
- **Bromo (Br), Piombo (Pb), Bario (Ba)**: emissioni da trasporto veicolare;
- **Vanadio (V), Nichel (Ni)**: combustione di olii combustibili, produzione di metalli non ferrosi, produzione di ferro e acciaio;
- **Selenio (Se), Arsenico (As), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Rame (Cu)**: combustione di carbone, produzione di metalli non ferrosi;
- **Zinco (Zn), Antimonio (Sb), Rame (Cu), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg)**: incenerimento di rifiuti, produzione di cemento, produzione di metalli non ferrosi, produzione di ferro e acciaio.

In particolare, il piombo aveva come fonte predominante il traffico veicolare da motori a benzina, ma dal 01/01/2002 con l'adozione della "benzina verde", si è registrata una riduzione del 97% della concentrazione di tale metallo sul particolato.

Piombo, zinco, cadmio, arsenico, nichel, vanadio, si trovano in prevalenza nella frazione fine del particolato, mentre elementi come, ferro, cromo, calcio, silicio, alluminio, rame e manganese si possono trovare anche nella parte più "grossolana" del PM10 (detta anche frazione coarse).

Valutazione in sintesi



Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione in aria di Metalli sul PM10 (As, Cd, Ni, Pb)	2019 - 2023		

Tabella 4.27 – Metalli sul PM10: Sintesi valutazione anno 2023 e trend

Per tutti i metalli, ricercati nel particolato nell'anno 2022, le concentrazioni medie risultano inferiori ai limiti di legge e in linea con i dati rilevati negli anni precedenti.

Rispetto ai riferimenti normativi non si riscontrano particolari criticità per questi inquinanti anche se, considerata la classificazione di alcuni di essi da parte dello IARC e il trend stazionario (non in diminuzione per tutti i metalli), la valutazione dell'indicatore non può essere, in generale, positiva e suggerisce l'opportunità di continuare il monitoraggio.

Metalli Concentrazione di inquinante nella frazione PM10				Valore obiettivo Media annuale nella frazione PM 10			Valore limite
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza %	Arsenico (As) 6,0 ng/m ³	Cadmio (Cd) 5,0 ng/m ³	Nichel (Ni) 20,0 ng/m ³	Piombo (Pb) 0,5 µg/m ³ (500 ng/m ³)
Marecchia	Rimini	Fondo Urbano	100	0,27	0,17	1,35	2,62

Tabella 4.28 – Metalli sul particolato PM10: parametri statistici e confronto con i limiti normativi

Per determinare i metalli sul particolato PM10 e PM2.5 viene utilizzato il metodo UNI EN 14902/05. Una porzione delle membrane campionate viene mineralizzata con microonde, ponendo il campione in contenitori ermetici in PTFE nei quali sono aggiunti acidi ultrapuri.

La determinazione analitica della soluzione di campione è effettuata con un sistema ICP/MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). I dati al di sotto del Limite di Rilevabilità (LR) sono stati considerati pari alla metà del limite stesso.

I risultati delle analisi evidenziano come metalli e non metalli siano sempre presenti nel particolato campionato, con percentuali massime sulla massa del particolato atmosferico del 2 - 3%.

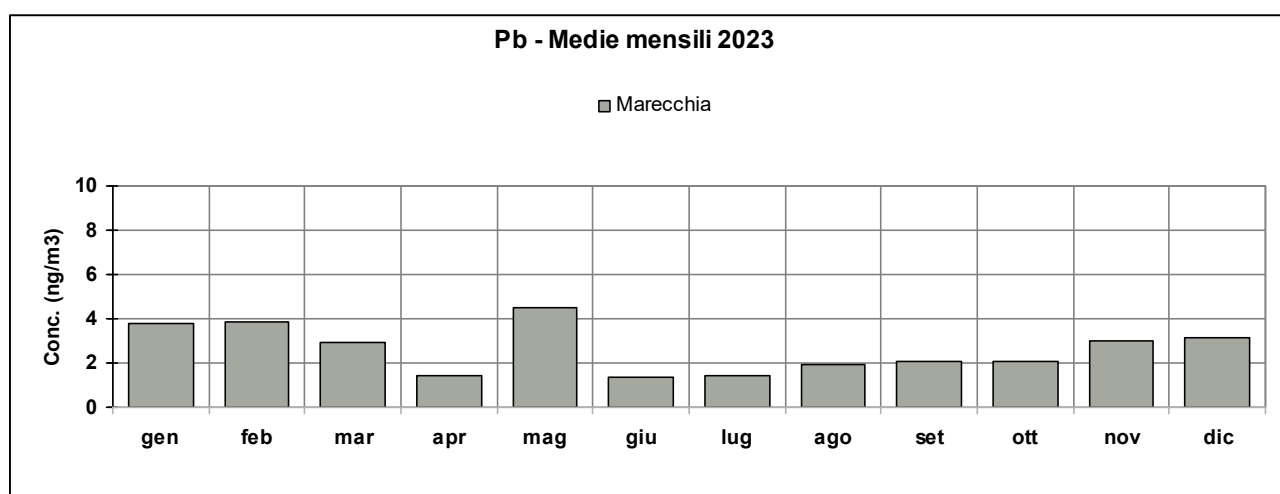
Di seguito si riportano i risultati di alcuni lavori effettuati ormai più di dieci anni fa, che quindi hanno una valenza più qualitativa che quantitativa (essendosi nel frattempo modificato il pattern emissivo), relativi ai range della concentrazione media annuale di alcuni metalli (Pb, Cd, Ni, As) rilevata in Italia e in Europa, pubblicati dall'*Istituto Superiore di Sanità (ISS)* (tabella 4.29).

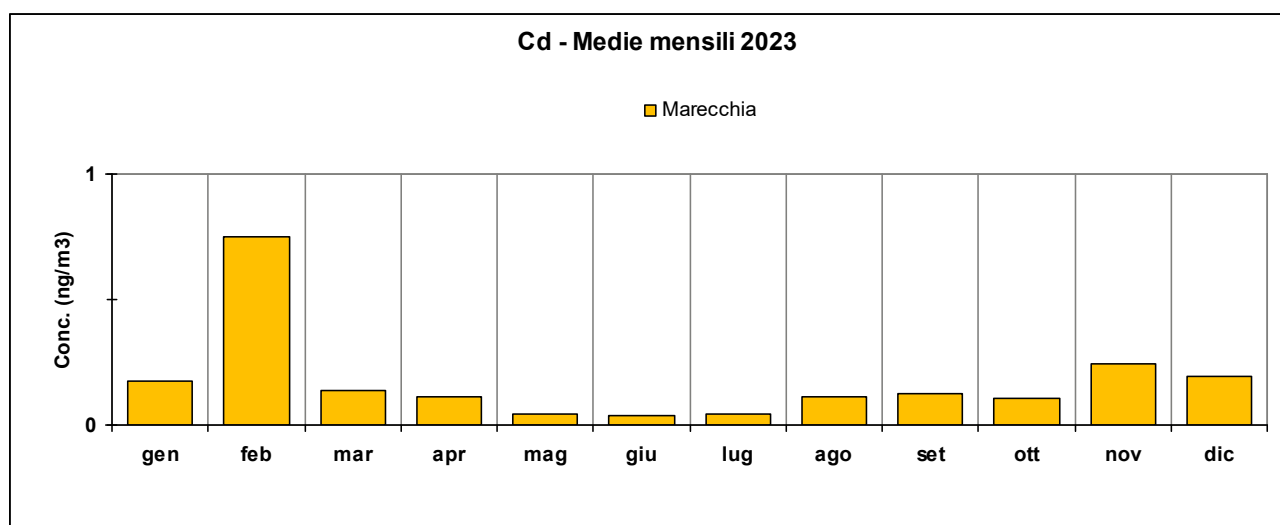
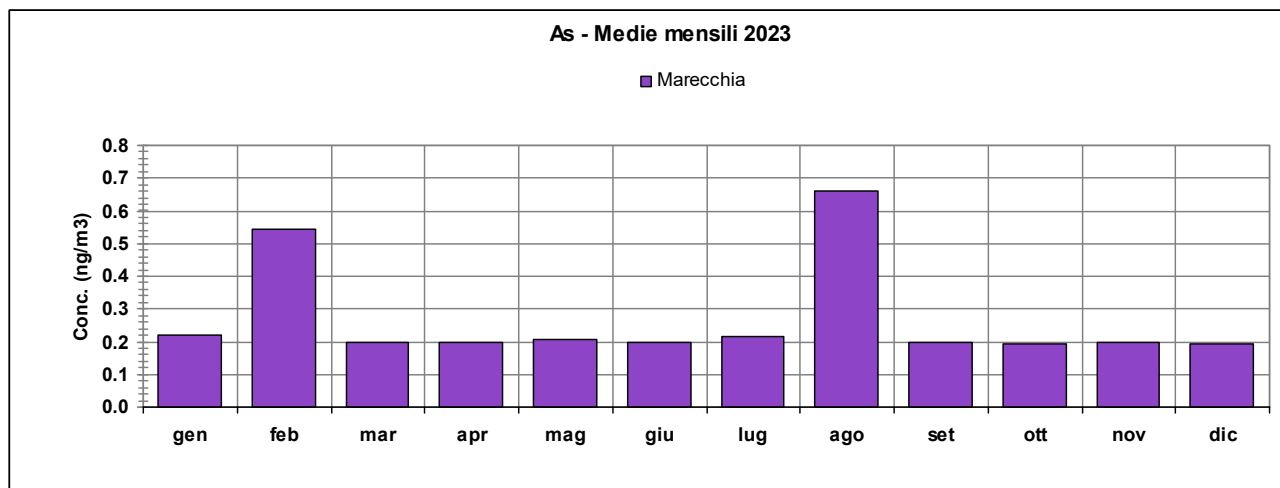
Inquinante	ISS 1999-2000 ⁽¹⁾	ISS 2003 ⁽²⁾	ISS 2004 ⁽³⁾	Range italiano	Range europeo	Valore obiettivo
Piombo	68	21	10,1	6,3 - 210	10 -100	500
Cadmio	0,62	0,51	0,34	0,2 - 4	0,2 - 2,5	5.0
Nichel	6,6	6,2	4,8	3,3 - 35	1,4 -13	20.0
Arsenico	--	4,3	1,7	0,3 - 8,4	0,5 - 3	6.0

1) Misure ISS - periodo aprile 1999-febbraio 2000; 2) Valori medi annuali delle concentrazioni determinate nel periodo 1996-2003 a: Firenze, Roma, Bari, Padova, Bolzano, Reggio Emilia, Catania, Torino, Venezia, Milano, Aosta. 3) Siti urbani influenzati dal traffico.

Tabella 4.29 - Istituto Superiore di Sanità: concentrazioni (ng/m³) di piombo, cadmio, nichel, arsenico – Anni 2000 – 2004

In Figura 4.24 sono rappresentate le medie mensili dei metalli ricercati sul particolato PM10 nella stazione Marecchia della provincia di Rimini.





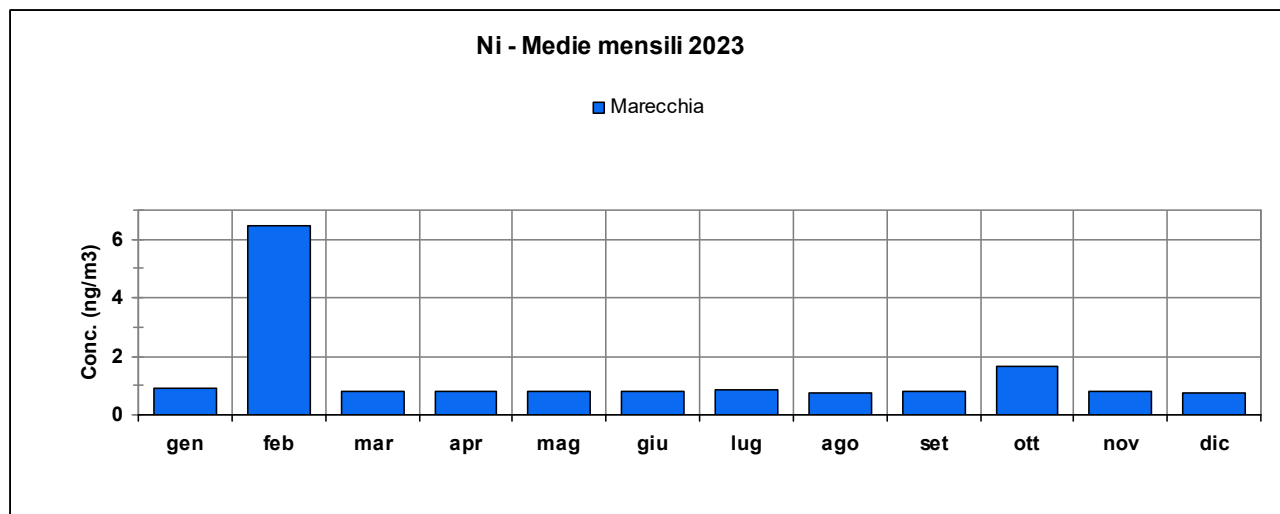


Figura 4.24– Medie mensili di Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel nel particolato PM10 – Anno 2023

Le concentrazioni misurate sul PM10 delle stazioni di Rimini (RRQA) confrontate con i dati storici pubblicati dall'ISS (2004) e con i campionamenti effettuati nell'area urbana di Bologna (2004-2005) mostrano una diminuzione generalizzata di tutte le concentrazioni che negli ultimi 20 anni ed in particolare per Piombo, Arsenico e Nichel. Mentre se confrontiamo i dati medi annuali di Rimini (di tutte le stazioni) del 2023 con i dati con i dati più recenti (2022), misurati sul PM10 della stazione di Fondo Urbano di Bologna (Giardini Margherita) si può notare che i dati sono dello stesso ordine di grandezza per tutti i metalli normati (Tabella 4.21).

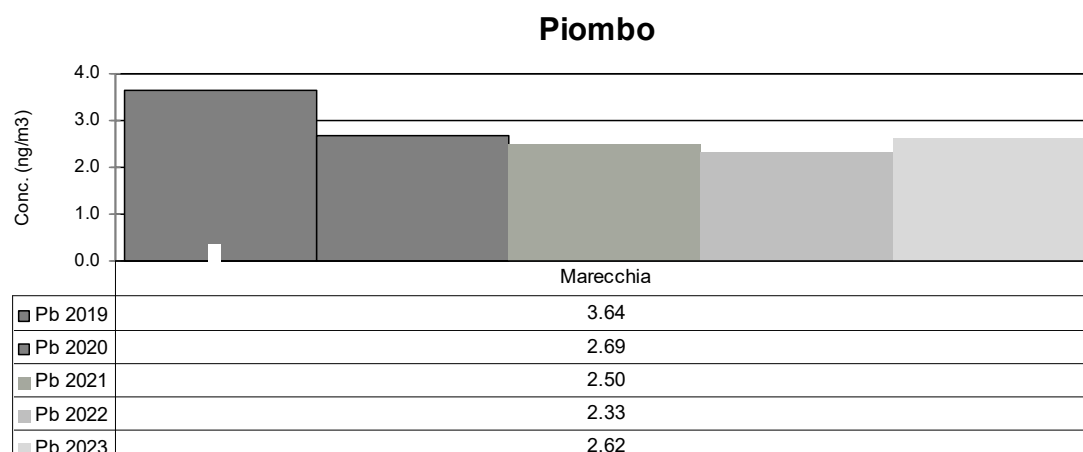
<i>Metallo</i>	<i>Ni</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>
Concentrazione (ng/m ³) ISS Anno 2004	4,8	1,7	0,3	10
Concentrazione (ng/m ³) sul PM10 Bologna Anni 2004-2005	4,0	1,4	0,6	18
Concentrazione (ng/m ³) sul PM10 Bologna stazione di fondo urbano Anno 2022	1,1	0,3	0,1	2,5
Concentrazione (ng/m ³) media a Rimini (sul PM10) Anno 2023	1,4	0,3	0,2	2,6

Tabella 4.21 Confronto concentrazioni medie annuali in ng/m³ di alcuni metalli rilevate a Bologna (2004-2005) e anno 2022, dati ISS 2004,

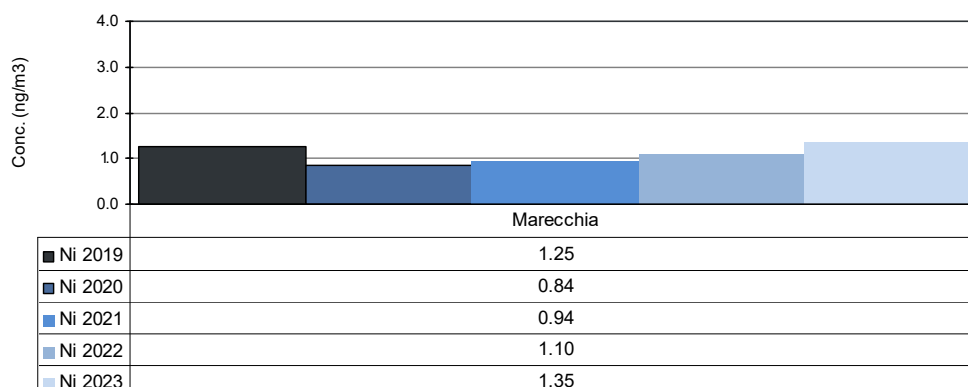
Seguono i grafici (Figura 4.25) delle concentrazioni medie annuali dal 2019 al 2023:

- il trend decrescente della concentrazione di Piombo nel 2023 è stato leggermente invertito ;
- il Cadmio, negli ultimi 5 anni mantiene un trend in lieve aumento;
- le concentrazioni di Nichel hanno un andamento altalenante con valori che vanno da 0,10 a 0,16 ng/m3.
- il trend decrescente della concentrazione di Arsenico nel 2023 è stato leggermente invertito.

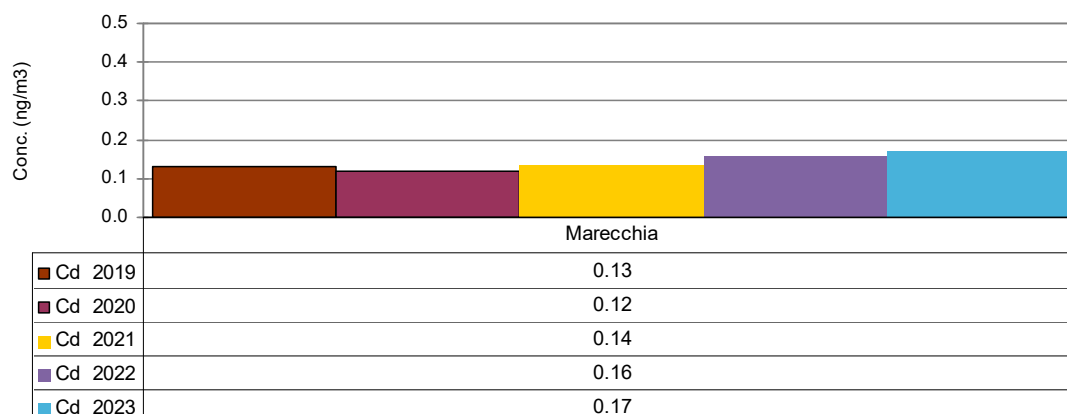
In sintesi, nel 2023 i valori obiettivo (per Arsenico, Cadmio e Nichel) e il valore limite (per il Piombo) previsti dalla normativa sono ampiamente rispettati.



Nichel



Cadmio



Arsenico

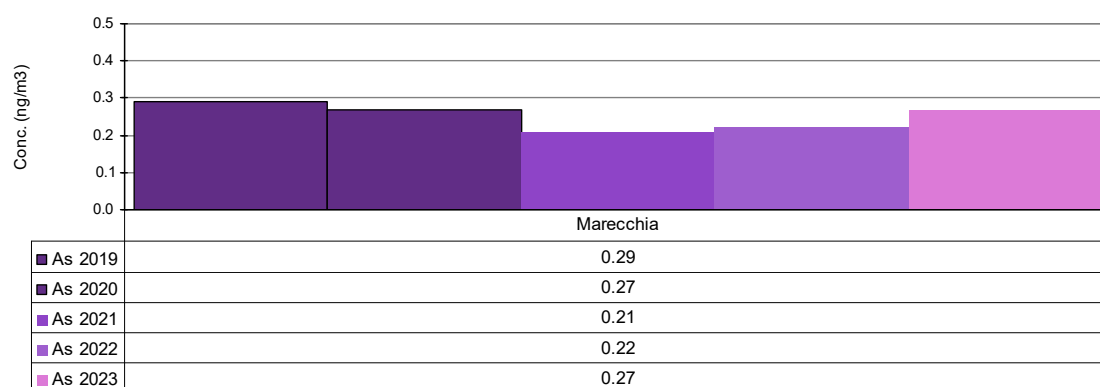


Figura 4.25 Andamento medie annuali di alcuni metalli nel particolato PM10

5 - CONCLUSIONI

Si riporta di seguito una descrizione sintetica dell'andamento dei principali inquinanti per l'anno 2023 in relazione al rispetto o meno dei limiti normativi.

Biossido di Azoto NO₂

Il biossido di Azoto viene misurato in tutte le stazioni della Rete di Rimini.

Il valore limite orario (200 µg/m³) e della media annuale (40 µg/m³), nel 2023, sono rispettati in tutte le stazioni.

Analizzando il trend storico di questo inquinante possiamo affermare che la media annuale è in diminuzione e dal 2020 si mantiene inferiore al valore di 20 µg/m³ per le stazioni di fondo urbano e suburbano, quindi, al di sotto del limite di legge (40 µg/m³).

Il valore più alto della media annuale per il 2023 (34 µg/m³) ed il massimo orario più alto (139 µg/m³) sono stati registrati nella stazione di traffico (Flaminia).

Il valore dell'OMS (10 µg/m³) è stato rispettato nelle tre stazioni suburbane (San Clemente, San Leo e Verucchio), ma in nessuna delle due stazioni urbane (Flaminia e Marecchia).

È importante mantenere alta l'attenzione su questo inquinante, sia perché l'NO_x è uno dei precursori del particolato secondario e del O₃, sia per le criticità ancora riscontrate a livello regionale, in particolar modo, nelle concentrazioni medie annuali.

Monossido di Carbonio CO

Il monossido di carbonio viene misurato solo nella stazione di traffico di Flaminia.

I suoi valori si sono stabilizzati nell'ultimo decennio ed il valore limite per la protezione della salute umana (media massima giornaliera su otto ore pari a 10 mg/m³) è ampiamente rispettato già da parecchi anni: nel 2023 media massima giornaliera su otto ore è pari a 1.7 mg/m³.

Tale andamento, ormai consolidato, fa presupporre che anche in futuro questo inquinante non presenterà particolari criticità.

Ozono O₃

L'ozono viene misurato nelle stazioni di Fondo Urbano, Suburbano e Rurale, dove è previsto che le concentrazioni siano più elevate, in virtù dell'origine esclusivamente secondaria di questo inquinante.

I valori misurati nel corso dell'anno 2023 confermano il persistere di una situazione critica per questo inquinante, con superamenti dei valori obiettivo per la protezione della salute umana (superamento della media massima giornaliera su 8h di 120 µg/m³ per più di 25 giorni, calcolata come media degli ultimi tre anni) e della soglia di informazione (concentrazione oraria di 180 µg/m³).

La soglia di allarme (concentrazione oraria di 240 µg/m³ da non superare per più di tre ore consecutive) non è stata superata in alcuna stazione.

Il superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana, per il 2023, è stato rilevato nella stazione di Fondo Suburbano (Verucchio) e in quella di Fondo Rurale (San Clemente); la soglia di informazione è stata superata due volte nella stazione di Verucchio.

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.

Benzene C₆H₆

Il benzene è classificato dalla IARC come cancerogeno di classe 1, all'interno della Rete di Rimini viene misurato solo nella stazione da Traffico (Flaminia).

La concentrazione media annua del benzene è inferiore al limite normativo (limite per la protezione della salute umana pari a 5,0 µg/m³), con un valore pari a 1,4 µg/m³, in linea con quelli registrati negli anni precedenti.

Particolato PM10

Il PM10 viene misurato in tutte le stazioni della Rete di Rimini, ad esclusione della stazione di fondo rurale (San Clemente).

Nel 2023 il limite della media annuale del PM10 (40 µg/m³) e il limite giornaliero (media giornaliera di 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte in un anno) sono stati rispettati in tutte le stazioni della Rete.

Il valore guida dell'OMS di 15 µg/m³ come media annuale ed il valore guida di 45 µg/m³ come concentrazione massima sulle 24 ore sono stati superati in tutte le, tranne in quella di San Leo (Fondo Rurale).

Analizzando il trend storico di questo inquinante possiamo affermare che la media annuale, già da diversi anni, si attesta al di sotto del valore di 30 µg/m³, quindi al di sotto del limite di legge (40 µg/m³) (ma che è quasi il doppio del valore guida dell'OMS), mentre il numero di superamenti del limite giornaliero, sebbene nel 2023 sia stato rispettato, negli anni precedenti è stato spesso superato, per cui il PM10 resta un inquinante critico per il nostro territorio per gli importanti effetti negativi che, come dimostrato, ha sulla salute umana.

Particolato PM2.5

Il PM2.5, data la sua origine prevalentemente secondaria, si misura nelle stazioni di Fondo; le stazioni della Rete di Rimini dove viene misurato sono Marecchia (Fondo Urbano) e San Clemente (Fondo Suburbano).

Nel 2023 il valore limite della media annuale del PM2.5 (25 µg/m³) è stato rispettato in tutte le postazioni, così come il "limite indicativo" (20 µg/m³).

La stagione più critica per il PM2.5 è sempre quella invernale, infatti, solo nei mesi estivi (aprile-settembre) le concentrazioni di PM2.5 nelle stazioni di fondo sono inferiori a 10 µg/m³.

In nessuna postazione c'è il rispetto del valore guida dell'OMS-AQG, molto più restrittivo (5 µg/m³ come media annuale) pertanto, considerata anche la classificazione di questo inquinante da parte dell'OMS, possiamo affermare che il PM2.5 resta un inquinante critico per il nostro territorio.