

Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Rimini

Anno 2021



Edizione Giugno 2022

Gli operatori di **Arpae –Sede di Rimini** che hanno collaborato:

Gestione monitor e postazioni

Cinzia Para
Daniele Foscoli
Roberto Vecchione

Elaborazione dati

Cinzia Para
Daniele Foscoli
Roberto Vecchione

Redazione relazione

Patrizia Luciali
Francesca Liguori
Deborah Valbonetti
Cinzia Para
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

	<i>Pag.</i>
1 - IL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA	1
1.1 Quadro normativo nazionale: limiti e valori di riferimento	1
1.2 Valori guida dell'OMS	4
1.3 Zonizzazione della Provincia di Rimini	6
1.4 Limiti di quantificazione strumentali	7
2 – LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	8
2.1 Configurazione della Rete Regionale	8
2.2 Configurazione della Rete di Rimini	9
2.3 Stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) di Rimini	11
3 - INDICATORI METEOROLOGICI PER LO STUDIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NEI TERRITORI DELLE PROVINCIE DI RAVENNA, FORLÌ-CESENA E RIMINI (APA-EST)	14
3.1 Indicatori meteorologici a supporto dello studio della qualità dell'aria	14
3.2 Andamento meteorologico del 2021	14
3.2.1 Temperatura	14
3.2.2 Precipitazioni	18
3.2.3 Intensità e direzione del vento	21
4 - VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI RIMINI	25
4.1 Biossido di Azoto NO ₂ e Ossidi di Azoto NO _x	25
4.2 Monossido di Carbonio CO	33
4.3 Ozono O ₃	35
4.4 Benzene C ₆ H ₆	42
4.5 Toluene C ₇ H ₈ e Xileni C ₈ H ₁₀	46
4.6 Particolato PM10	50

4.7 Particolato PM2.5	56
4.8 Analisi sul particolato	62
4.8.1 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	62
4.8.1.1 Rapporti diagnostici	67
4.8.2 Metalli	70

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

1.1 – Quadro normativo nazionale: limiti e valori di riferimento

La normativa di riferimento in materia di qualità dell'aria è il D.Lgs del 13 agosto 2010, n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 1.7 – Cancerogenicità dei principali IPA.

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

Nel 2021 l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha aggiornato le proprie Linee guida (AQG) e ha individuato, per sei inquinanti principali (PM2,5, 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, quello sulle 24 ore da 50 a 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- PM2,5: il valore annuale passa da 10 a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, quello sulle 24 ore da 25 a 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- biossido di azoto: il valore annuale passa da 40 a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e viene introdotto un valore sulle 24 ore pari a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 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> OMS-AQG ⁽¹⁾ – valori guida 2021	<i>Tempo di mediazione</i>
NO₂	10 µg/m ³	annuale
	200 µg/m ³	1 ora
SO₂	40 µg/m ³	24 ore
	500 µg/m ³	10 min
O₃	100 µg/m ³	8 ore
	60 µg/m ³	picco stagionale*
PM₁₀	15 µg/m ³	annuale
	45 µg/m ³	24 ore
PM_{2.5}	5 µg/m ³	annuale
	15 µg/m ³	24 ore
OMS-AQG – valori guida 2021		
CO	4 mg/m ³	24 ore
	100 mg/m ³	15 min
	35 mg/m ³	1 ora
	10 mg/m ³	8 ore
Toluene	260 µg/m ³	Media settimanale
Xileni	4800 µg/m ³	Media su 24 ore

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

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

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

L'OMS, per alcuni inquinanti atmosferici ad azione cancerogena (Tabella 1.9), non fornisce un valore guida ma indica l'*indice di rischio unitario* per la popolazione, ovvero il rischio associato alla presenza di tali inquinanti nell'aria a cui è sottoposta la popolazione.

La stima dell'incremento di *rischio unitario (U.R.)* è intesa come il rischio addizionale di cancro che può verificarsi in una ipotetica popolazione nella quale tutti gli individui siano continuamente esposti, dalla nascita e per tutto l'intero tempo di vita, ad una concentrazione dell'agente di rischio nell'aria che essi respirano pari ad 1 µg/m³.

<i>Sostanza</i>	<i>Rischio unitario</i> Indice di rischio/tempo di vita (µg/m ³) ⁻¹
BENZENE	6 x 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 - 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).

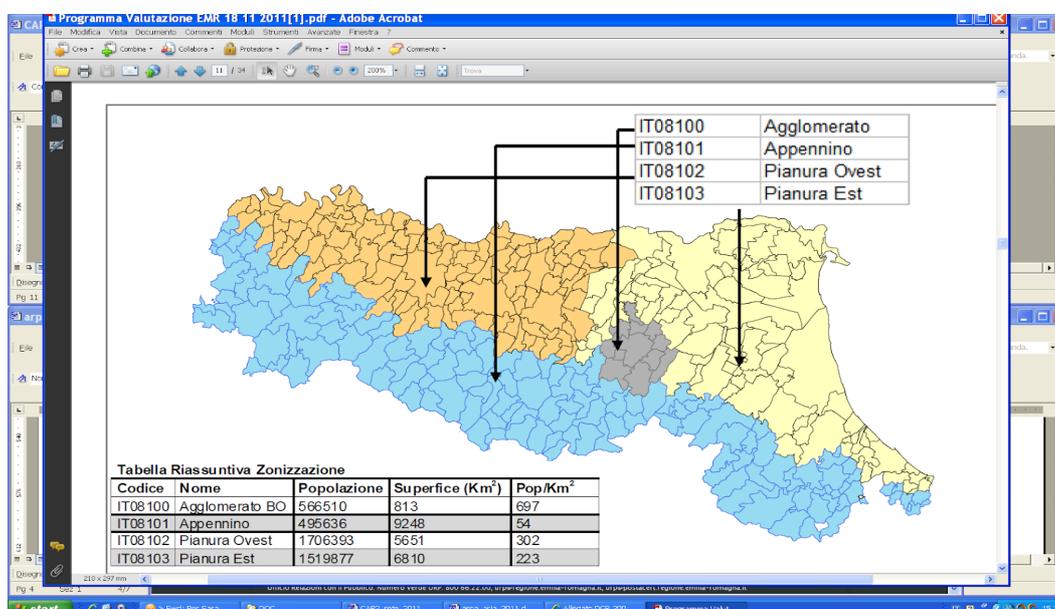


Figura 1.1 – Zonizzazione regionale (DLgs 155/2010 e DGR 2001/2011)

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

ZONA Pianura EST	Bellaria-Igea Marina, Cattolica, Coriano, Misano Adriatico, Poggio Berni ¹ , Riccione, RIMINI, San Clemente, San Giovanni in Marignano, Santarcangelo di Romagna, Verucchio
ZONA Appennino	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

Note:

(1) Con L.R. Emilia Romagna n° 19 del 07/11/2013, a far data dal 01/01/2014, i due Comuni di Poggio Berni e Torriana si sono fusi nel nuovo Comune di Poggio Torriana. In merito alla zonizzazione attuale- in attesa di revisione - i territori dei due Comuni si trovano in due ZONE diverse.

(2) Con L.R. Emilia-Romagna n° 21 del 23/11/2015, a far data dal 01/01/2016, i due Comuni di Montescudo e Monte Colombo si sono fusi nel nuovo Comune di Montescudo - Monte Colombo

(3) Legge Regionale n° 18 del 26/11/2021, misure per l'attuazione della legge 28 maggio 2021 n°84 concernente il distacco dei comuni di Montecopiolo e Sassofeltrio dalla Regione Marche e loro aggregazione alla Regione Emilia Romagna

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 predisporre un *piano di qualità dell'aria* con le misure necessarie che, agendo sulle principali sorgenti di emissione che hanno influenza sulla aree di superamento, permettano di raggiungere i valori limite nei termini prescritti.

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

1.4 – Limiti di quantificazione strumentali (LdQ)

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

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

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

2. LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

2.1 – Configurazione della Rete Regionale

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

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

I punti di campionamento sono stati individuati per verificare il rispetto dei 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**

(DLgs 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.

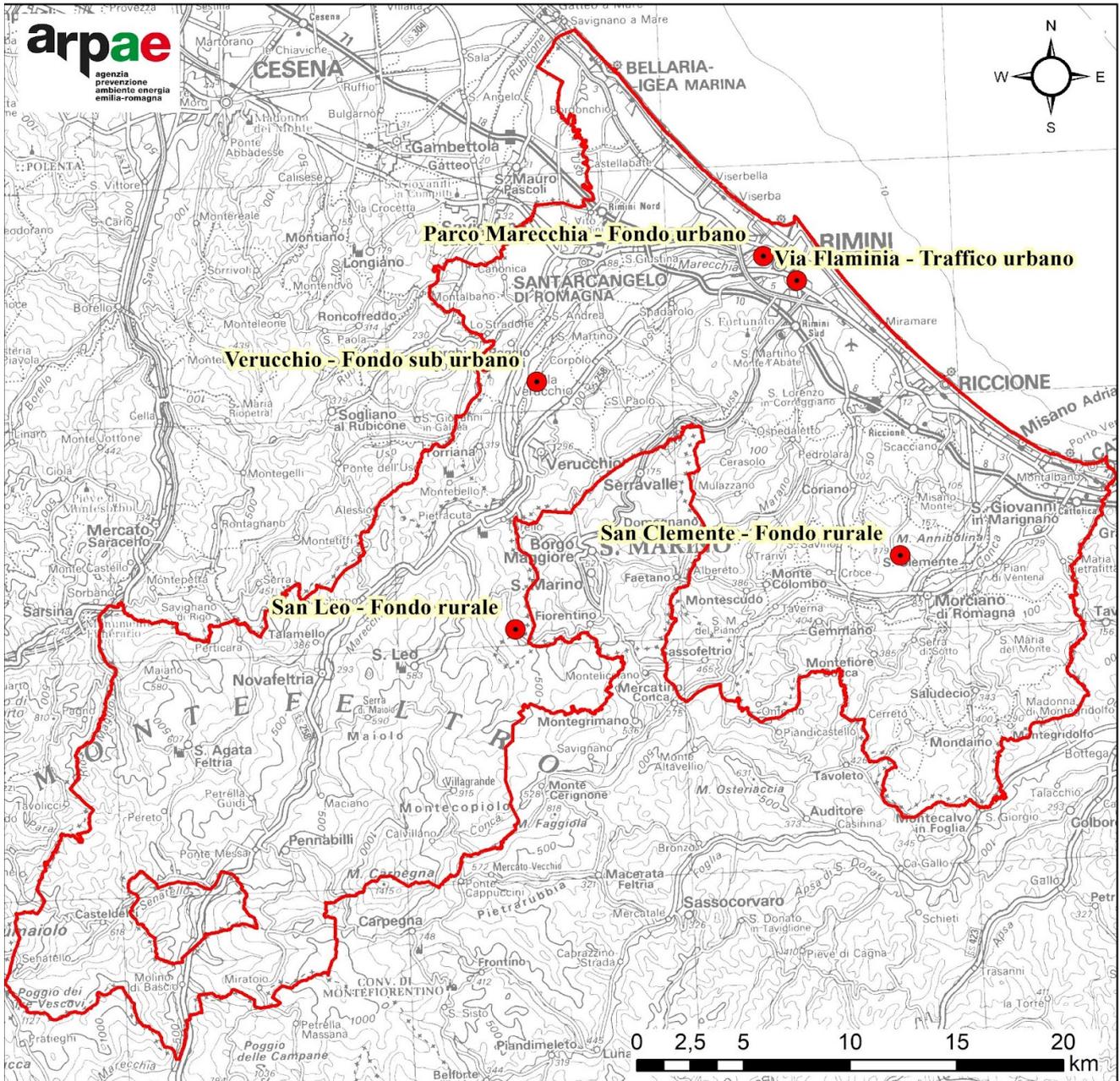


Figura 2.2 - Distribuzione spaziale delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria nella provincia

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

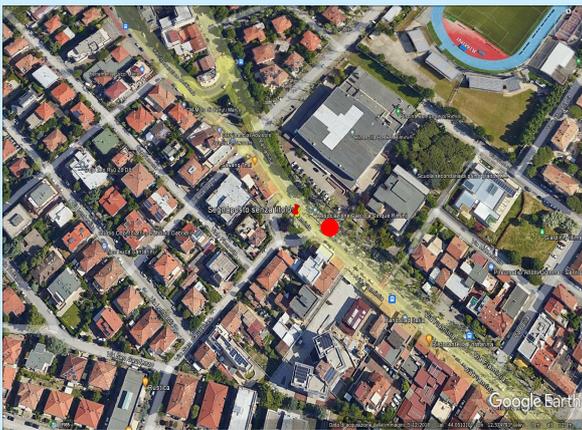
Classificazione Zona	
	Urbana
	Suburbana
	Rurale

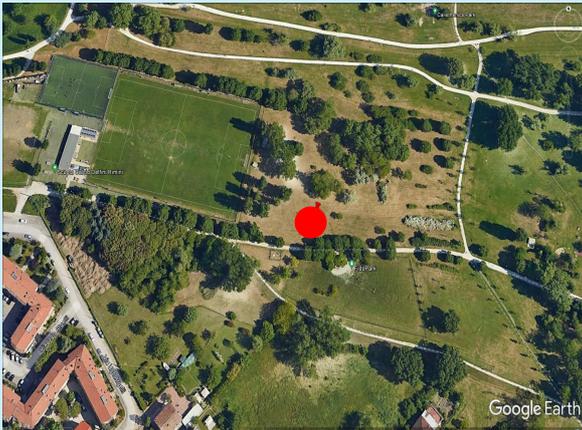
Classificazione Stazione	
	Traffico
	Fondo
	Industriale

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

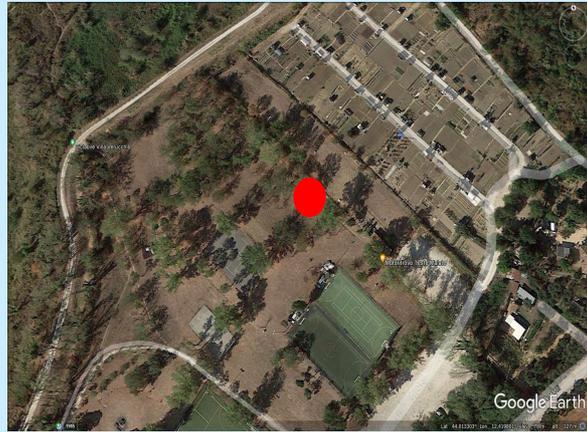
Si riportano le schede, con la documentazione fotografica e la localizzazione, delle stazioni di monitoraggio della rete nella configurazione 2021.

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

Stazione:	Marecchia (Rimini)	Zona :	Agglomerato Pianura Est
			
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:

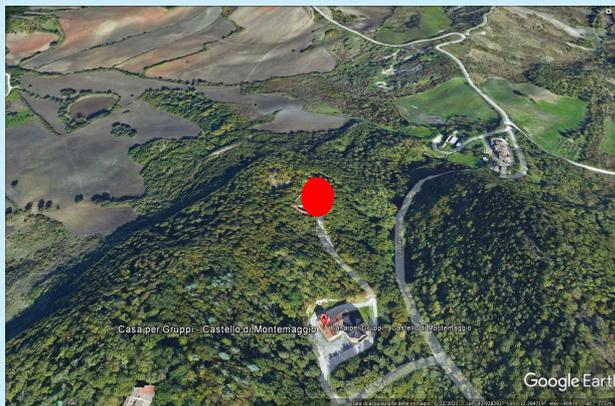
Inquinanti: PM_{2,5} - NO_x - O₃

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 DELLE PROVINCE DI RAVENNA, FORLÌ-CESENA E RIMINI (APA-EST)

3.1 - Indicatori meteorologici a supporto dello studio della qualità dell'aria

L'atmosfera rappresenta l'ambiente dove gli inquinanti, immessi da varie sorgenti, 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; fra questi:

- La **temperatura dell'aria**: temperature elevate sono, in genere, associate ad elevati valori di ozono, mentre le basse temperature, durante il periodo invernale, sono spesso correlate a condizioni di inversione termica, inversione termica- che tende a confinare gli inquinanti in prossimità della superficie e quindi a fare aumentare le concentrazioni misurate.
- Le **precipitazioni e la nebbia** influiscono sulla deposizione e sulla rimozione umida degli inquinanti aerodispersi. 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** incide sul 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** agisce in modo diretto sulla dispersione degli inquinanti.

Nel seguito viene presentata la descrizione dell'andamento di alcuni parametri meteorologici rilevati nel 2021 nelle province di Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini, territori che costituiscono l'area vasta di competenza della Prevenzione Ambientale Est di Arpae (APA est).

I dati relativi al 2021 sono confrontati, con i valori climatici e con le serie storiche, oltre che con; grafici e mappe di diversi indici annuali e mensili, calcolati a partire dai valori giornalieri di precipitazioni e temperatura del dataset climatico "Eraclito" dell' Osservatorio Clima di Arpae.

3.2 - Andamento meteorologico del 2021

3.2.1 – Temperatura

Nel territorio delle tre province, nel 2021, la temperatura media annuale ha raggiunto valori simili a quelli climatici degli ultimi 30 anni (1991-2020), come si rileva dalla figura 3.1, che presenta le serie delle temperature medie annuali nelle tre province, in pianura (linea gialla) e nei rilievi (linea marrone) dal 1991 al 2021): in generale, il 2021 presenta-rispetto al dato climatico- una lieve anomalia positiva nelle aree di pianura (+0.1°C) e negativa sui rilievi (-0.2°C).

Gli andamenti delle differenze sono del tutto simili (figura 3.2 c) anche se con variazioni leggermente più significative sui rilievi.

Nel, calcolo generale della temperatura media annuale, le anomalie positive dell'estate, particolarmente intense a giugno, e quelle del mese di febbraio sono state compensate da una primavera più fresca del clima, mentre i mesi restanti hanno avuto temperature prossime alla

norma, come si può notare dalla figura 3.2 che presenta i valori medi mensili, climatici (1991-2020) e anomalie mensili mediate sulle aree di pianura (a) e sui rilievi (b) delle tre province.

Confrontando la media mensile delle temperature delle aree di pianura e dei rilievi dell'area vasta del 2021 con quelle climatiche (dal 1991 al 2020 – figure 3.2 a e b) si nota che:

- In pianura: le temperature sono state superiori alla media in modo più consistente in febbraio

(+2.3°C) e in giugno (+ 1,5), mentre in gennaio, luglio, settembre, novembre e dicembre l'aumento è inferiore a 1°C, compreso fra 0,1°C e 0,9°C; le temperature sono invece inferiori alla media in aprile (-2°C), maggio (-1.1°C) e ottobre (-1°C) in modo apprezzabile, mentre in marzo e agosto le differenze sono rispettivamente -0,7°C e -0,1°C.

- Anche sui rilievi le temperature sono state superiori alla media in febbraio (+2.2°C) e in giugno(+ 1,0); in luglio, settembre, ottobre, novembre e dicembre l'aumento è inferiore a 1°C, compreso fra 0,1°C e 0,7°C; le temperature sono invece inferiori alla media in aprile (-2,4°C), maggio (-1.3°C) e ottobre (-1,9°C) in modo apprezzabile, mentre in gennaio, marzo e agosto le differenze sono rispettivamente -0,3°C, -0,9°C e -0,5°C.

Osservando i valori termici degli ultimi due mesi dell'inverno meteorologico 2020-2021, si nota che, mentre in gennaio le temperature in pianura sono state prossime alla norma, febbraio è stato molto mite, con temperature di oltre 2 °C superiori al clima 1991-2020 (fig. 3.2). La primavera è stata, al contrario, più fredda delle attese climatiche, con un'anomalia in pianura tra -1 e -1.5 °C; gli scostamenti più intensi si sono osservati in aprile, mese per il quale si calcola, in pianura, uno scostamento negativo di 2 °C rispetto al clima 1991-2020.

L'estate 2021, come sempre più frequentemente accade negli ultimi anni, è stata calda, anche rispetto al clima recente 1991-2020, con scostamenti medi stagionali in pianura compresi tra +0.5 e +1 °C, e fino a +1.5 °C sulla fascia costiera.

Le anomalie più elevate rispetto alle attese climatiche si sono osservate in giugno, che ha avuto in pianura temperature di 1.5 °C superiori al clima; luglio 2021 è stato più caldo di circa 1 °C, mentre a Brisighella è stata raggiunta, il giorno di ferragosto, la temperatura massima assoluta regionale (40,3 °C).

Gli scostamenti stagionali, sebbene apparentemente contenuti, fanno dell'estate 2021, nella pianura della Romagna, una tra le più calde degli ultimi anni con valori simili alle estati 2019, 2017, 2015 e 2012, anche se ancora lontana dai record dell'estate 2003.

Va infine ricordato che, a livello regionale, il numero di giorni caldi osservati nel corso dell'estate 2021 è stato il quinto valore dal 1961, assieme al 1994, e dopo 2003, 2012, 2017 e 2008.

Nell'autunno 2021 le temperature sono rientrate nella norma, con valori lievemente più freddi sui rilievi; anche l'ultimo mese dell'anno ha avuto temperature in linea con il clima recente.

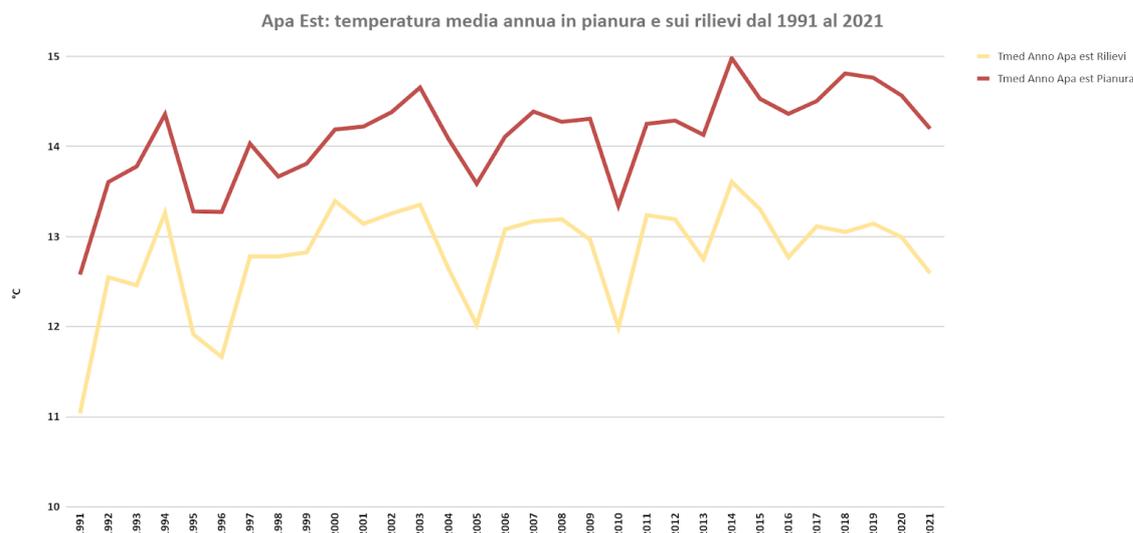


Figura 3.1: Grafico delle serie di temperatura media annua dal 1991 al 2021 mediata sulle aree di pianura e sui rilievi delle province di Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini.

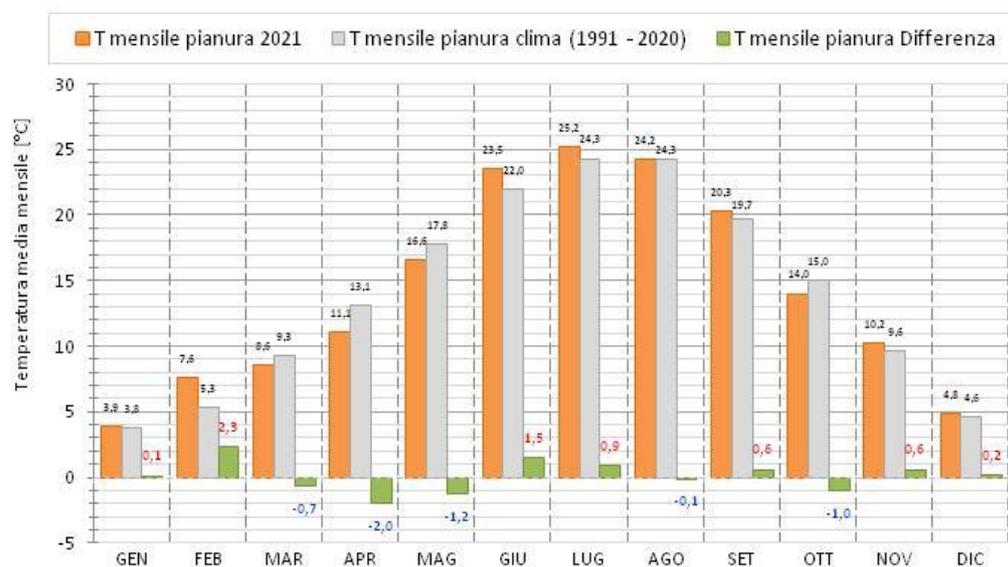


Figura 3.2 a: Temperature medie mensili, valori climatici mensili (1991-2020) e anomalie mensili mediati sulle aree di pianura

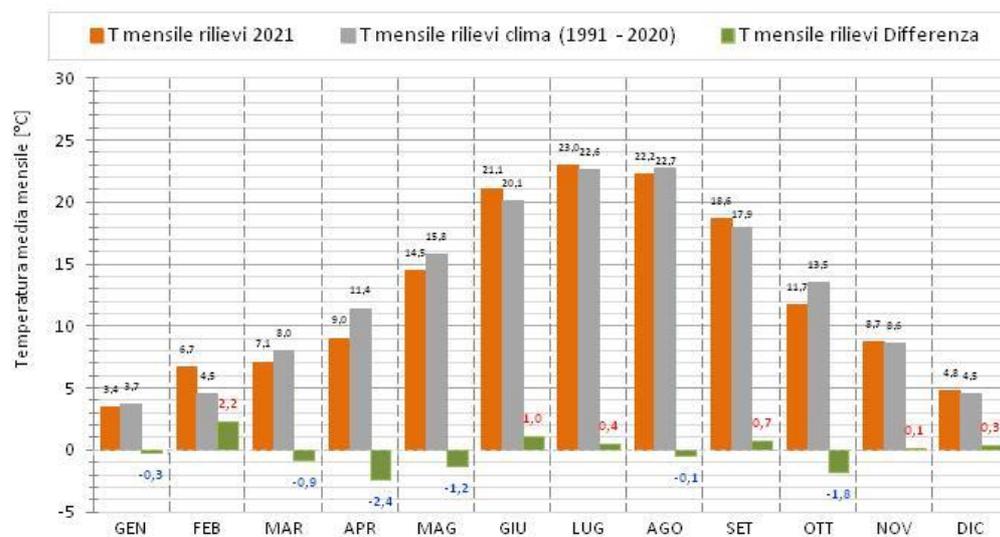


Figura 3.2 b: Temperature medie mensili, valori climatici mensili (1991-2020) e anomalie mensili mediati sui rilievi delle tre province

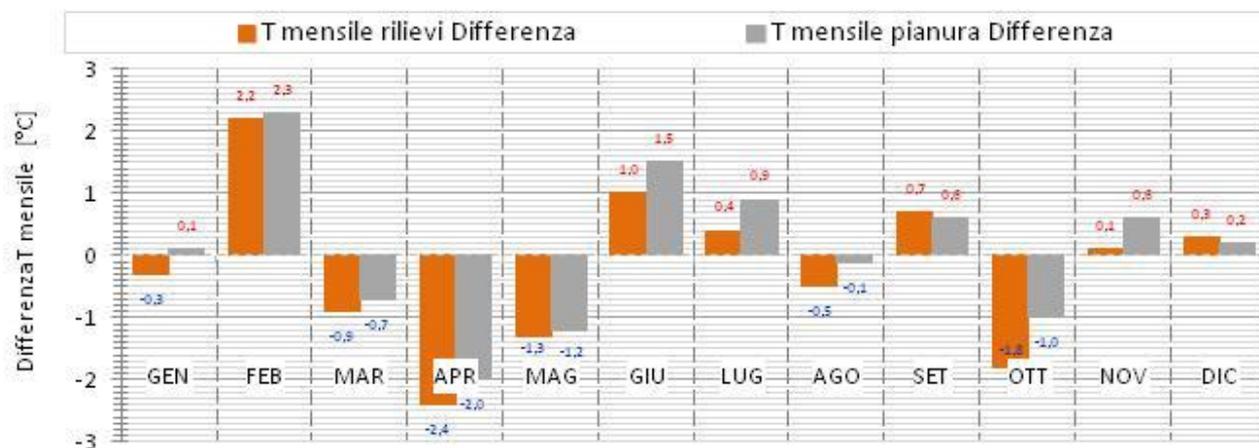


Figura 3.2 c: Differenze delle temperature medie mensili, valori climatici mensili (1991-2020) e anomalie mensili mediati sui territori di pianura e sui rilievi delle tre province

3.2.2 – Precipitazioni

Considerando l'area delle province di Forlì-Cesena, Rimini e Ravenna, l'anno 2021 è stato estremamente siccitoso: in pianura il meno piovoso degli ultimi 30 anni, sui rilievi più elevati tra i meno piovosi dal 1991, insieme al 2017, 2011 e 2007 (figura 3.3).

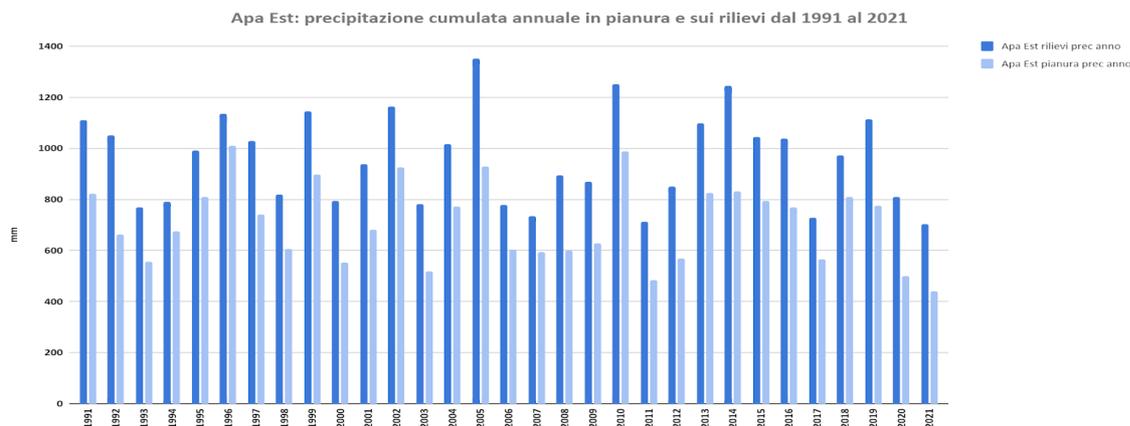


Figura 3.3: Grafico delle serie di precipitazioni medie annue dal 1991 al 2021 mediate sulle aree di pianura e sui rilievi delle province di Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini.

La figura 3.4 presenta i totali mensili di precipitazioni mediate sull'area di pianura (figura 3.4 a), e sui rilievi (figura 3.4b), insieme ai valori climatici di riferimento e alle corrispondenti anomalie

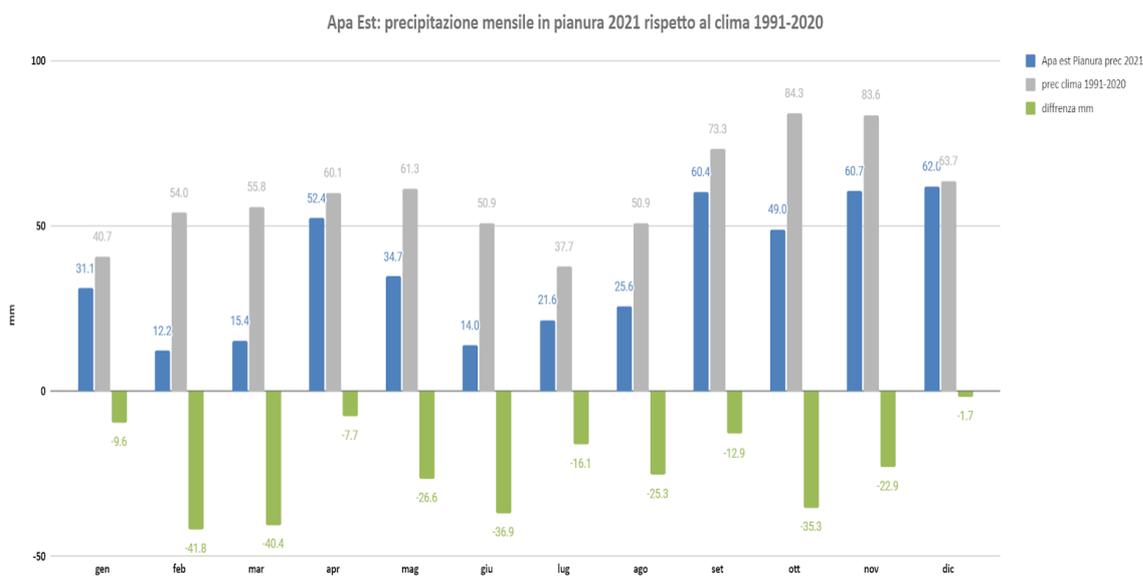


Figura 3.4a: Precipitazioni medie mensili, valori climatici mensili (1991-2020) e anomalie mensili mediati sulle aree di pianura delle tre provincie.

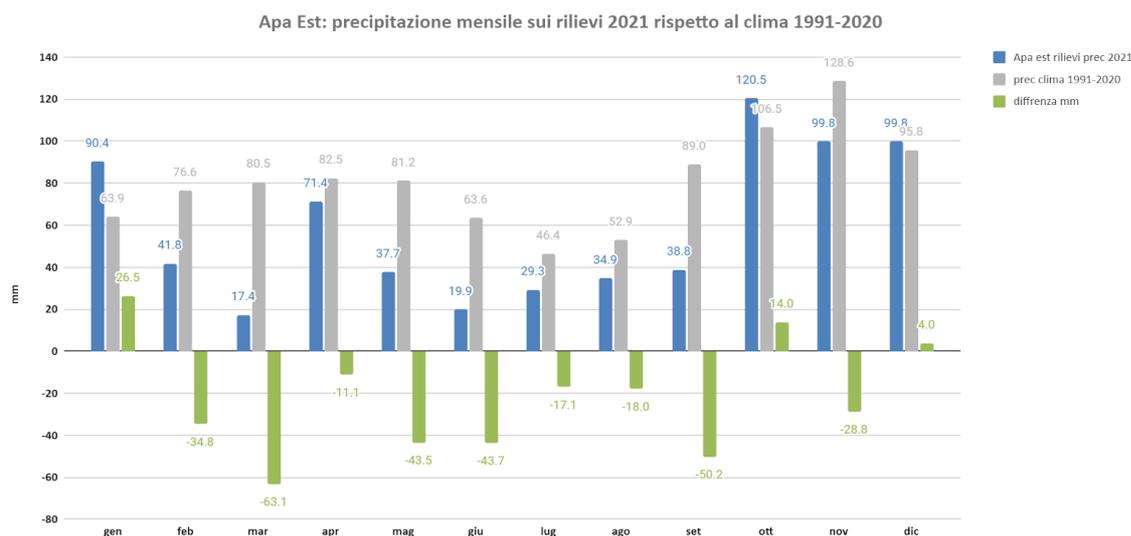


Figura 3.4 b: Precipitazioni medie mensili, valori climatici mensili (1991-2020) e anomalie mensili mediati e sui rilievi delle tre provincie.

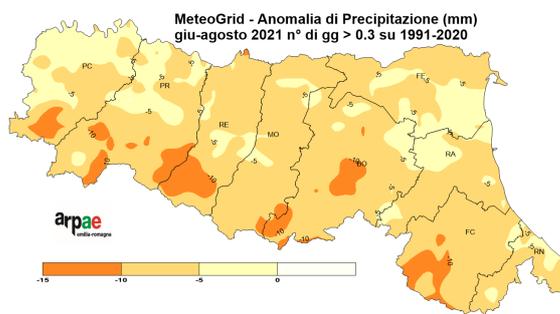
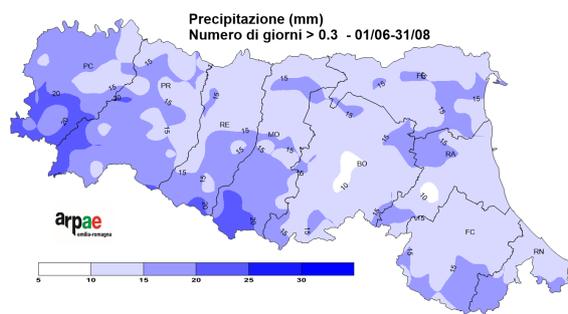
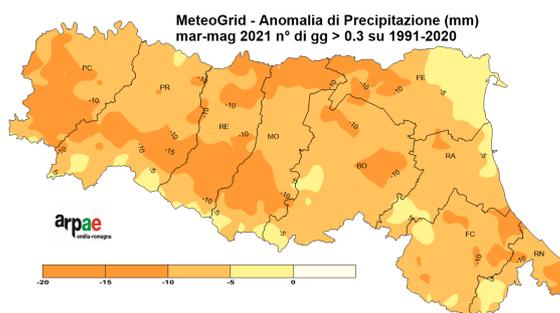
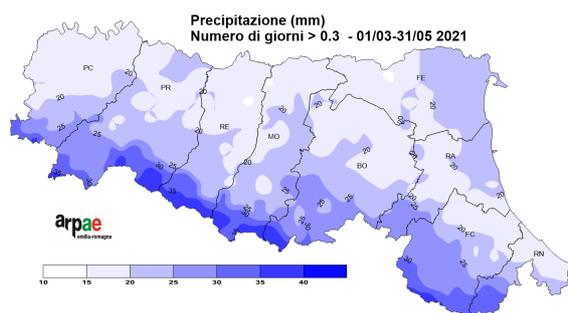
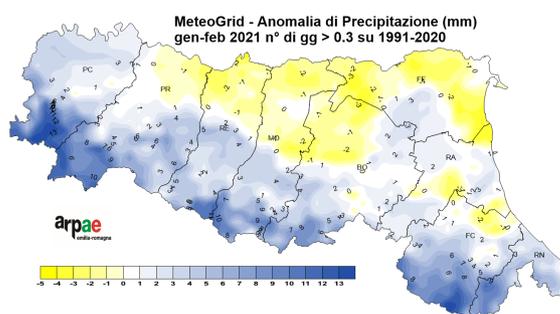
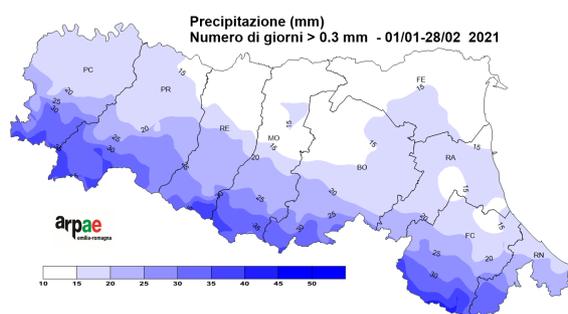
Considerando le sole aree di pianura, tutti i mesi del 2021 (tranne il mese di dicembre) hanno avuto precipitazioni inferiori o molto inferiori alle medie 1991-2020. In gennaio e febbraio, gli ultimi due mesi dell'inverno 2020-2021, le precipitazioni cumulate in pianura sono state generalmente inferiori ai 50 mm, superiori solo nel riminese, con deficit di oltre il 50% rispetto alle attese climatiche. Le anomalie negative sono proseguite anche nella primavera meteorologica: nei mesi di marzo, aprile e maggio in gran parte delle aree di pianura, le cumulate di pioggia hanno raggiunto e superato i 100 mm, con valori inferiori solo in aree della fascia costiera ravennate e nel riminese; gli scostamenti sul clima 1991-2020 sono risultati negativi con deficit percentuali generalmente compresi tra 30 e 50 %, fino a punte del 60 % di pioggia in meno sul riminese. L'estate 2021 ha visto un'ulteriore intensificazione dell'anomalia negativa nelle piogge: in pianura le cumulate di giugno, luglio e agosto sono risultate in generale comprese tra 50 e 75 mm, meno della metà delle piogge attese, con deficit che localmente hanno superato il 60 %, e punte di oltre il 70 % in aree di confine tra le province di FC e nel riminese. L'autunno ha visto una ripresa delle piogge, che sono però rimaste sempre inferiori al clima: nei mesi di settembre, ottobre e novembre in pianura si sono registrate cumulate di pioggia tra 150 e 200 mm, valori che risultano inferiori alle attese climatiche tra il 20 ed il 40 %. Dicembre 2021, primo mese dell'inverno meteorologico 2021-2022, è stato il solo mese dell'anno ad avvicinarsi alle piogge climaticamente attese; in vaste aree di pianura le piogge del mese hanno

raggiunto i valori normali mentre i deficit di pioggia localizzati nel riminese e nel ravennate si sono attestati vicino al 30 %.

Riguardo al numero di giorni di pioggia (figura 3.5) - definiti come i giorni con precipitazione superiore a 0.3 mm - si osserva che questo indice per l'anno 2021 ha un valore decisamente inferiore alle attese climatiche. Le anomalie più intense rispetto all'andamento normale sono state registrate in estate, stagione che nel 2021 ha avuto in generale tra 5 e 10 gg di pioggia, 5-10 gg in meno rispetto alle attese climatiche 1991-2020.

Nella primavera 2021 si calcolano in pianura circa 20 gg di pioggia con scostamenti negativi di 5-10 gg rispetto al clima.

Per l'autunno 2021 si calcolano in pianura tra 20 e 30 gg di pioggia, valori in generale prossimi alle attese climatiche; qualche giorno di pioggia in meno rispetto al clima si stima solamente in aree della pianura ravennate.



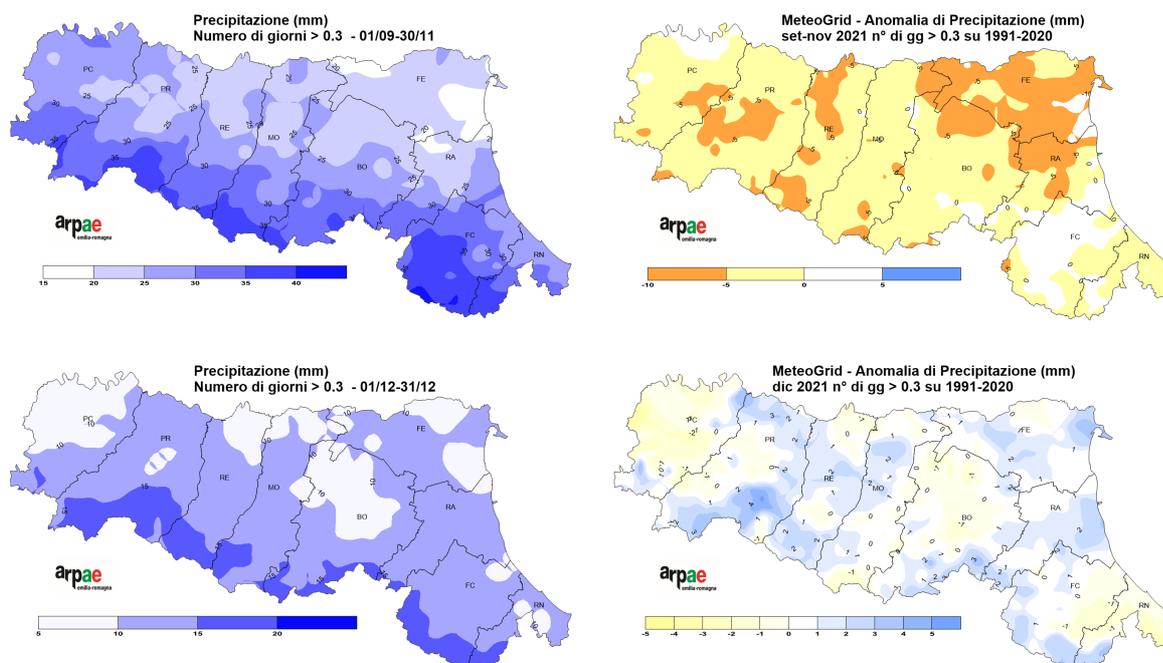
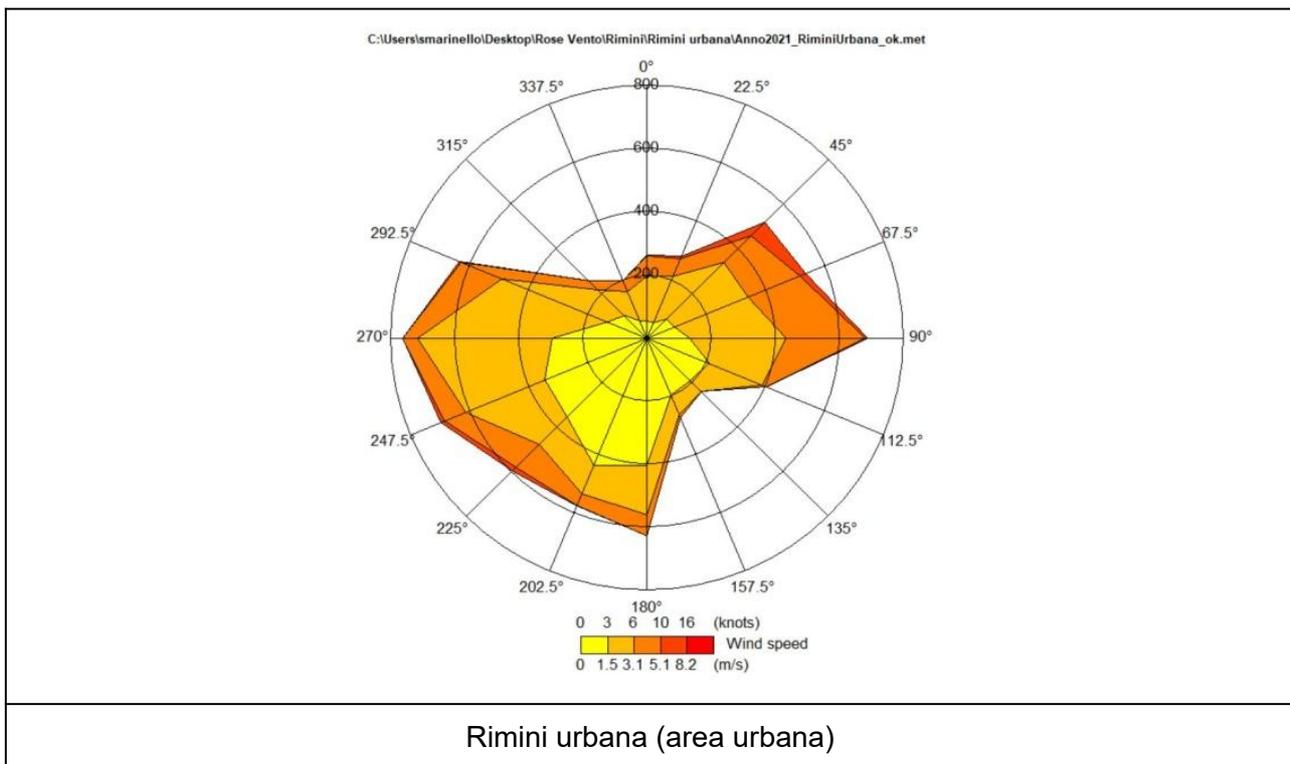
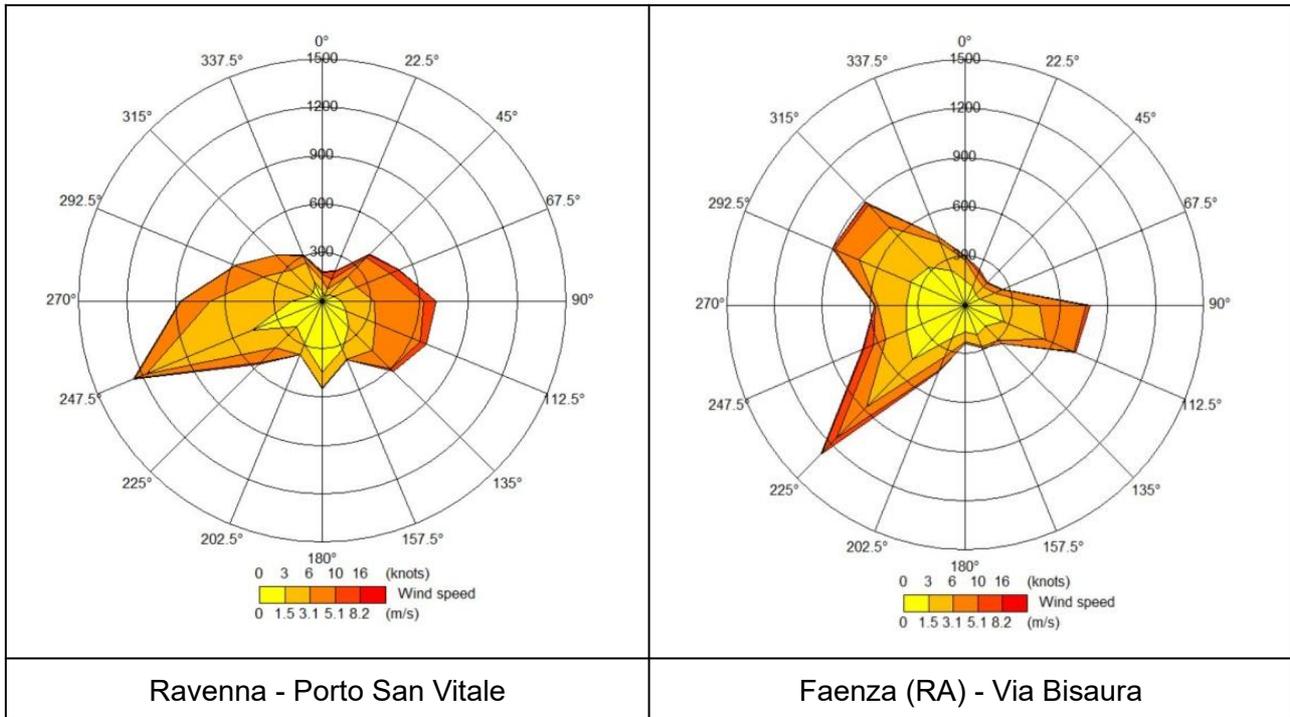


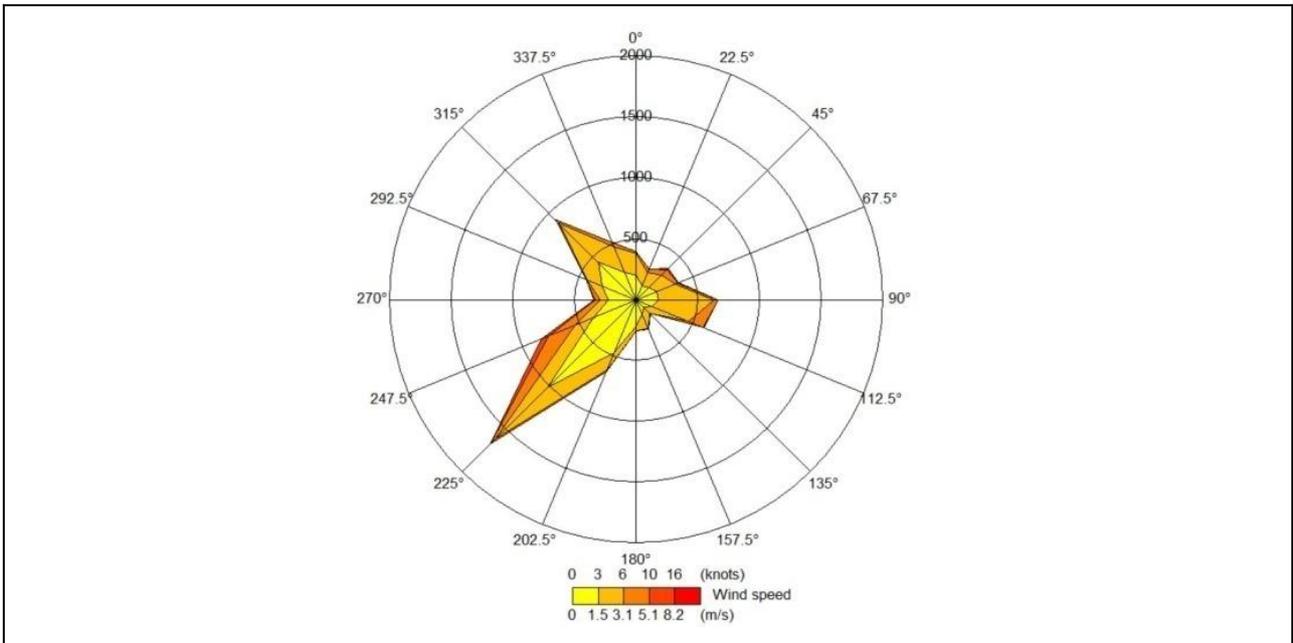
Figura 3.5: Mappe stagionali dell'indice del numero di giorni piovosi (giorni con precipitazioni > 0.3 mm) e anomalie rispetto al clima 1991-2020

3.2.3 – Intensità e direzione del vento

Nelle figure successive sono rappresentate le rose dei venti annuali (figura 3.6) e stagionali (figura 3.7), in termini di direzione ed intensità del vento di provenienza, relative alle stazioni di:

- Ravenna: Porto San Vitale, e Bisaura (stazioni Locali della rete di Ravenna) ;
- Rimini: Rimini urbana (stazioni del Servizio Idro Meteo Clima di ArpaE)
- Forlì-Cesena: Hera-Forlì (stazione della rete Locale di Forlì).



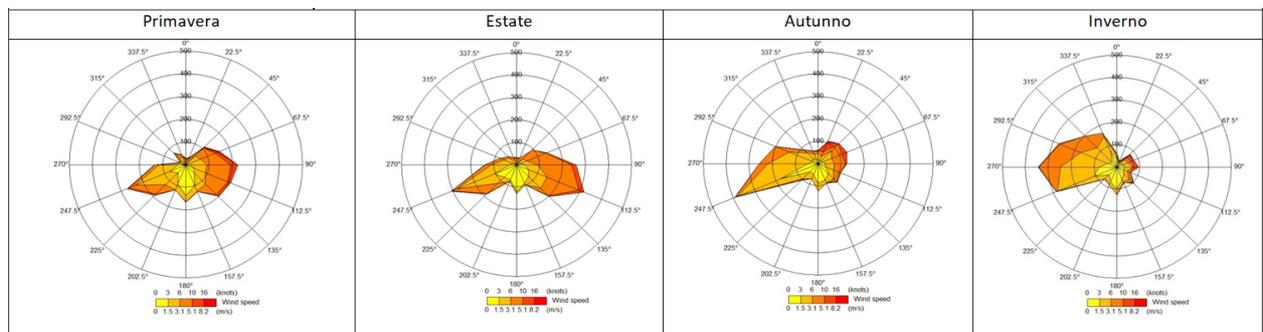


Stazione Hera Forlì (area industriale prossima all'area urbana di Forlì)

Figura 3.6: Rose dei venti annuali della stazione di Ravenna, Rimini e Forlì-Cesena - Anno 2021

Rose dei venti stagionali anno 2021

Stazione di Ravenna Porto San Vitale



Stazione di Faenza (Bisaura)

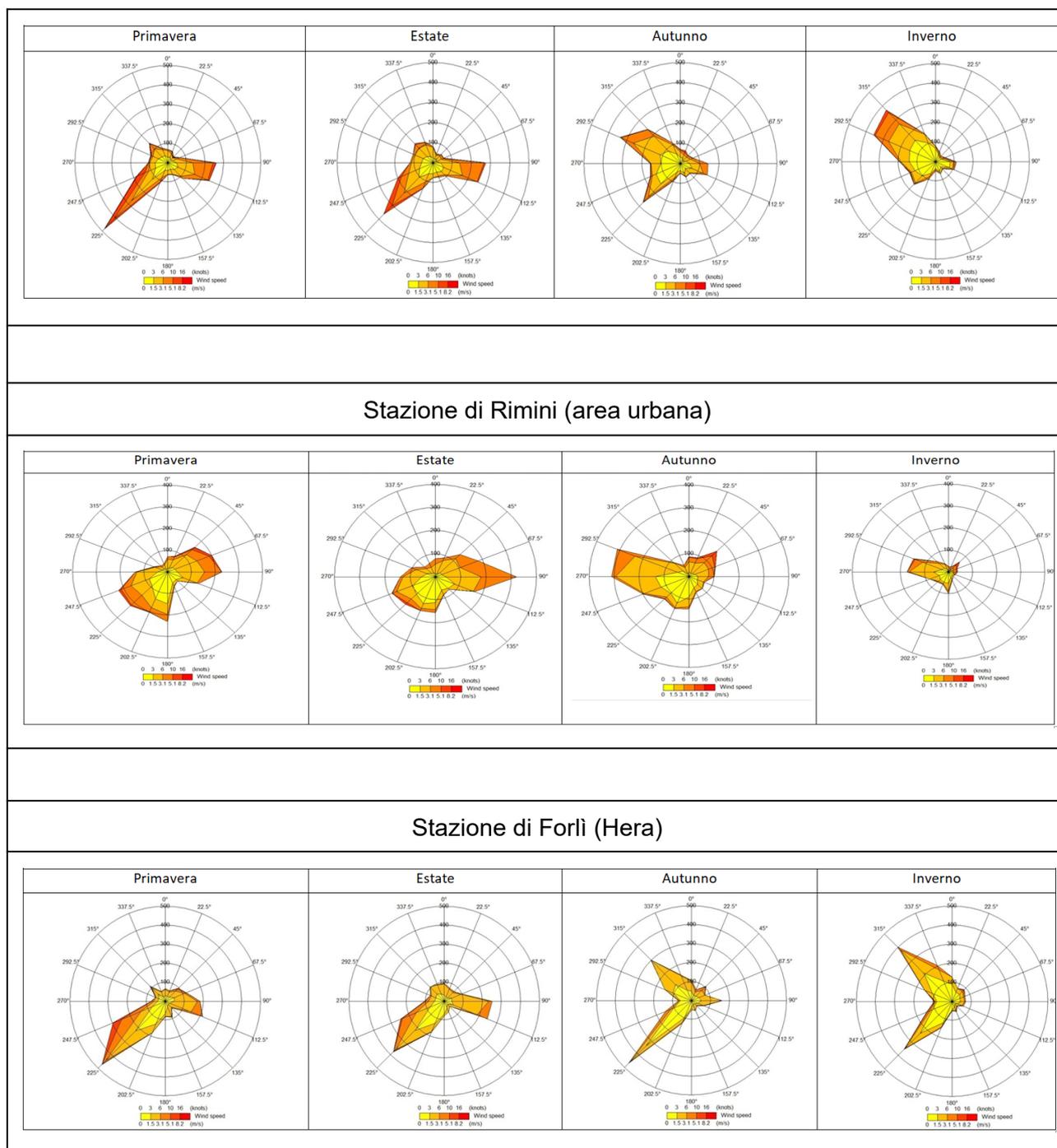


Figura 3.7: Rose dei venti stagionali della stazione di Ravenna, Rimini e Forlì-Cesena - Anno 2021

Dalla lettura delle rose dei venti si evince che :

A Ravenna e Rimini in autunno e inverno prevalgono i venti occidentali mentre nella stagione primaverile e soprattutto in estate prevalgono venti da est, tipici delle brezze marine.

A Faenza e Forlì su base annuale si evidenziano tre direzioni principali, SO, NO ed Est, con velocità maggiori da SO. In primavera si evidenzia una componente da Est, che si rafforza in estate e scompare quella da NO. Anche queste zone, pur essendo relativamente distanti dalla costa, risentono l'effetto del mare.

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)	2011 – 2021		
Superamenti dei limiti di legge per il biossido di azoto (NO ₂)	2011 - 2021		

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 2021 Il valore limite orario (200 µg/m³) e della media annuale (40 µg/m³) è rispettato in tutte le stazioni della rete.

Nella postazione 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 (36 µg/m³).

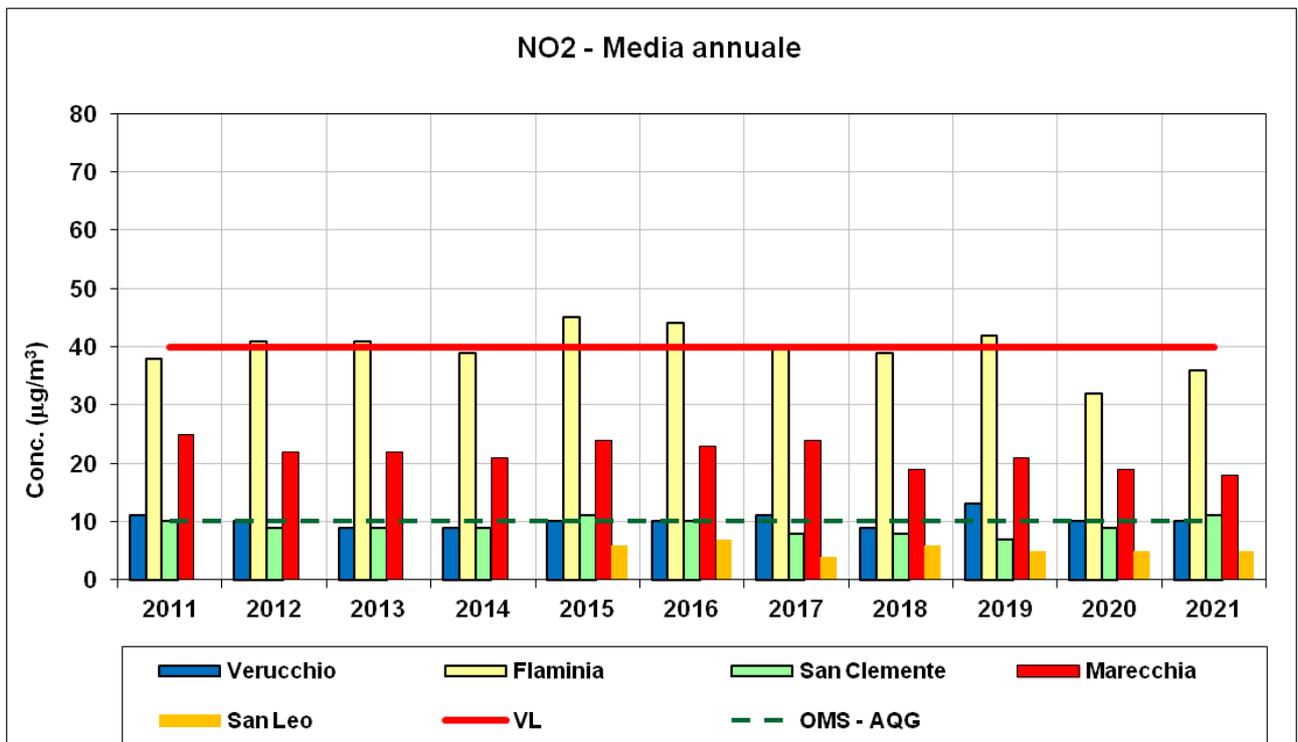
In nessuna postazione è stato superato il limite di breve periodo previsto dalla normativa, relativo alla concentrazione media oraria: i valori massimi orari misurati sono abbondantemente inferiori a 200 µg/m³, anche nella stazione di traffico urbano (valore limite orario 200 µg/m³ da non superare per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

E' comunque importante mantenere alta l'attenzione su questo inquinante, sia perché l'NO_x è uno 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>	<i>10 µg/m³</i>	<i>Max 18</i>	<i>200 µg/m³</i>	<i>10 µg/m³</i>
						<i>Media anno</i>	<i>N° Sup. 200µg/m³</i>	<i>Max orario</i>	<i>Media annua</i>
Flaminia	Rimini	Traffico	100	<8	116	36	0	116	36
Marecchia	Rimini	Fondo Urbano	98	<8	94	18	0	94	18
Verucchio	Verucchio	Fondo Sub-urb	100	<8	56	10	0	56	10
San Clemente	San Clemente	Fondo Rurale	100	<8	70	11	0	70	11
San Leo	San Leo	Fondo Rurale	100	<8	41	<8	0	41	<8

Tabella 4.3 – NO₂: Parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

Nel grafico di Figura 4.3 sono rappresentate le concentrazioni medie annue di NO₂ confrontate con il valore limite (linea rossa): si nota che nell'arco temporale 2011-2021 si ha un trend più o meno costante della media annuale in tutte le stazioni di fondo, tranne nella stazione di traffico urbano dove 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 4.3 – Media annuale- Stazioni di Traffico e di Fondo

Nella Figura 4.4 sono riportate le concentrazioni medie mensili del 2021.

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 diffusione/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.

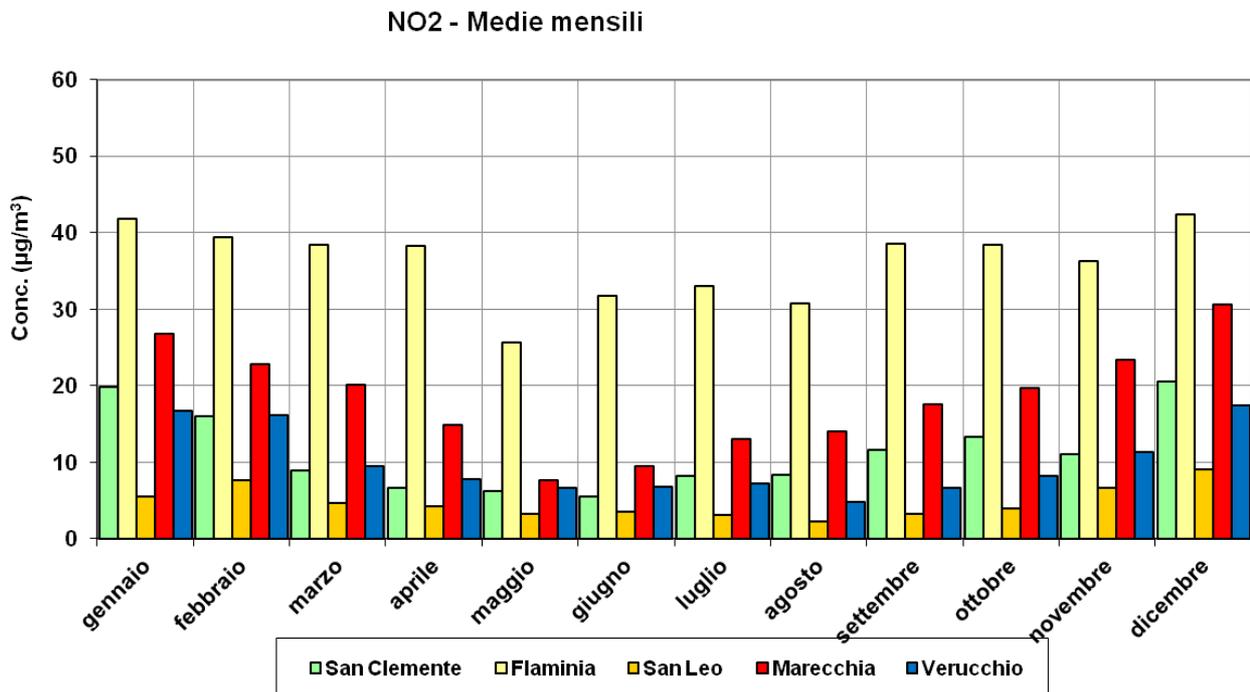
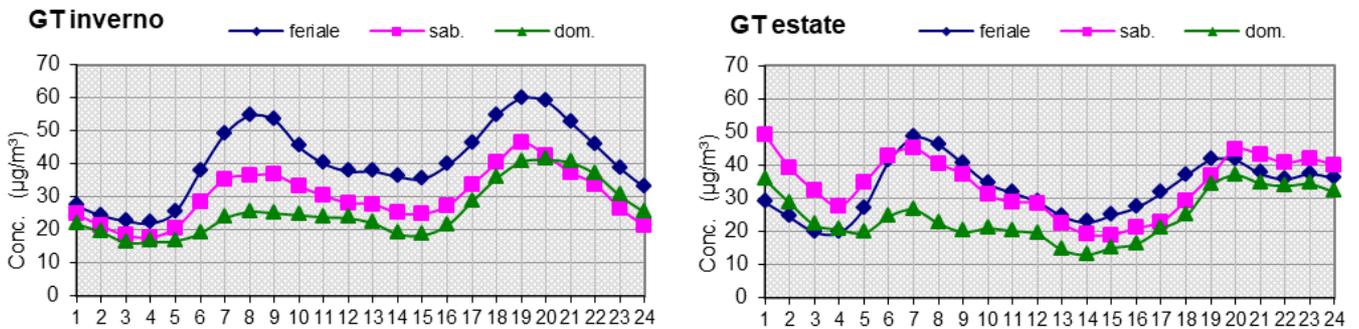
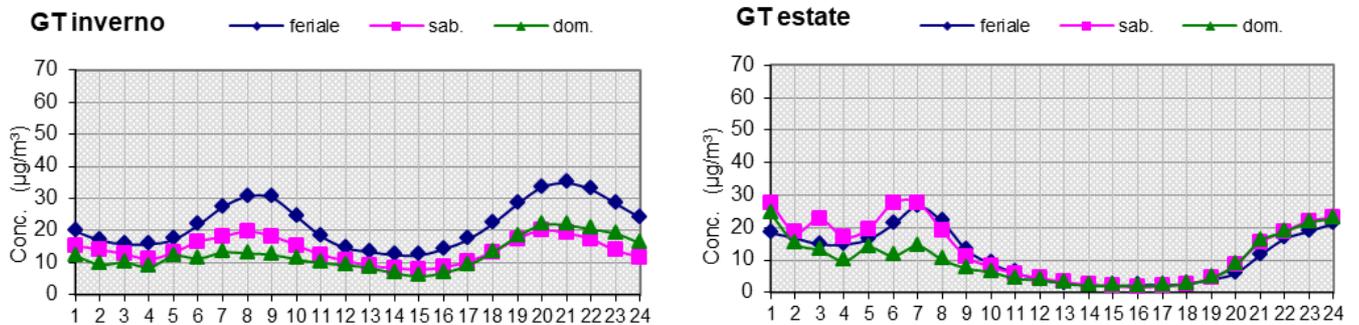


Figura 4.4 Medie Mensili anno 2021

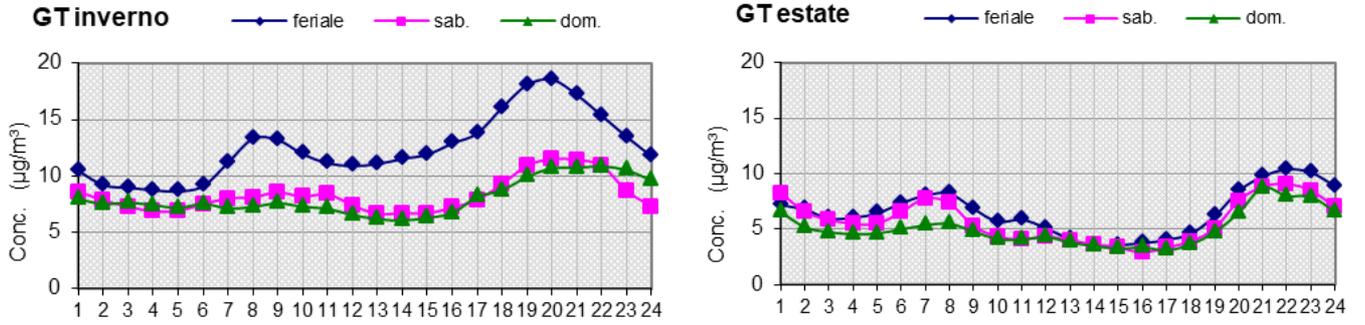
Per visualizzare l'andamento delle concentrazioni orarie di un inquinante che mediamente si riscontrano nella giornata, si può calcolare e rappresentare graficamente il «giorno tipico - GT». Il GT è calcolato effettuando la media dei dati rilevati alla stessa ora del giorno, in un determinato periodo, per tutte le 24 ore della giornata. Esso rappresenta quindi un ipotetico giorno "medio" e permette di evidenziare la tipica ciclicità giornaliera e a minimizzare le fluttuazioni casuali. I grafici che seguono (Figura 4.6) sono relativi al GT dell'NO₂ del semestre estivo e del semestre invernale, con l'ulteriore distinzione tra giorni feriali, prefestivi e festivi.



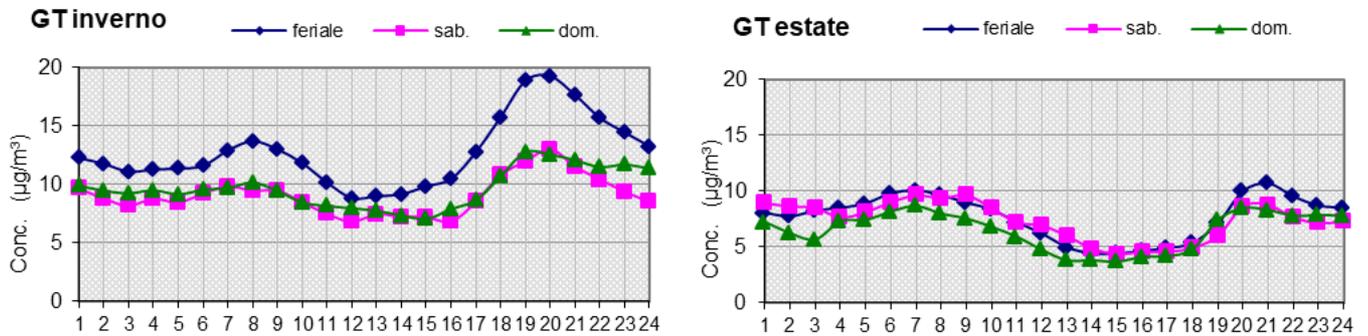
Flaminia – Traffico Urbano (TU)



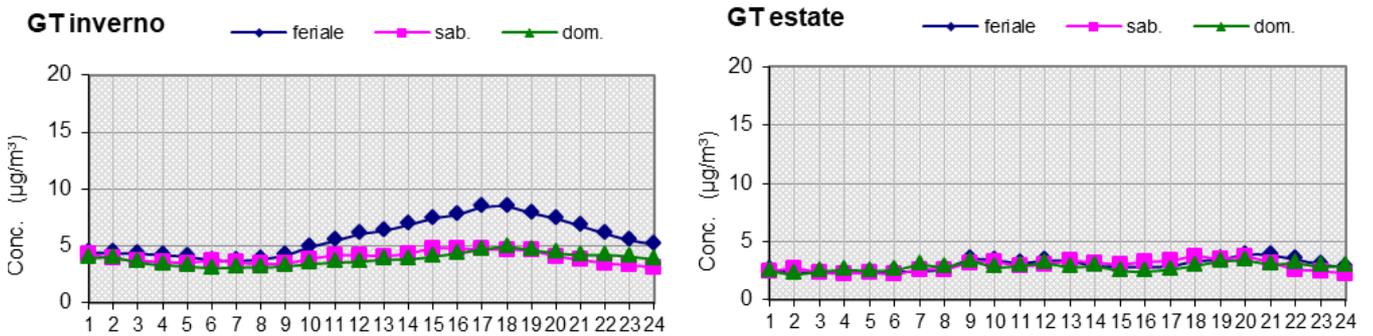
Marecchia – Fondo Urbano (FU)



Verucchio – Fondo Sub Urbano (Sub-U)



San Clemente – Fondo Rurale (F-Ru)



San Leo – Fondo Rurale (F-Ru)

Figura 4.6 – Biossido di azoto - giorni tipici – stazioni della rete di controllo della qualità dell'aria

Infine, in Tabella 4.4, sono riportati alcuni parametri statistici relativi alle concentrazioni orarie per la serie storica dal 2011 al 2021:

Tabella 4.4 - Andamento temporale di NO₂ dal 2011 al 2021 (concentrazioni espresse in µg/m³)

Stazione: Flaminia

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	38	41	41	39	45	44	40	39	47	32	36
50°Percentile	37	40	40	38	44	43	39	37	39	29	35
90°Percentile	-	-	-	63	73	71	65	64	68	57	61
95°Percentile	66	65	67	71	83	80	74	72	78	66	70
98°Percentile	75	72	75	80	91	90	83	83	89	77	79
Max	109	109	116	121	129	152	129	127	133	121	116
> 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	100	99	95	94	93	95	95	97	100	100

Stazione: Marecchia

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	25	22	22	21	24	23	24	19	21	19	18
50°Percentile	21	20	19	18	20	19	19	16	17	15	15
90°Percentile	-	-	-	42	49	47	49	40	44	43	41
95°Percentile	61	51	46	49	59	55	58	47	52	54	49
98°Percentile	73	61	53	59	71	65	69	55	64	69	58
Max	135	97	84	122	110	108	121	107	146	126	94
> 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	98	96	98	92	94	95	95	94	98	97	98

Stazione: Verucchio

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	10	10	9	9	10	10	11	9	13	10	10
50°Percentile	7	7	6	7	6	7	7	8	9	<8	<8
90°Percentile	-	-	-	20	23	25	24	22	29	20	20
95°Percentile	32	27	26	25	29	30	33	29	40	28	26
98°Percentile	39	34	45	31	36	37	43	37	50	36	35
Max	81	78	62	49	57	55	63	71	136	68	56
> 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	96	97	99	94	93	80	95	97	100	100	100

Stazione: San Leo*

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	-	-	-	-	6	7	4	6	<8	<8	<8
50°Percentile	-	-	-	-	6	4	3	4	<8	<8	<8
90°Percentile	-	-	-	-	13	18	8	11	11	9	9
95°Percentile	-	-	-	-	17	20	11	15	14	14	13
98°Percentile	-	-	-	-	22	25	17	21	20	21	20
Max	-	-	-	-	38	37	38	45	45	45	41
> 200 µg/m³	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	-	-	-	-	90	73	88	88	98	100	100

*Stazione attiva dal 01/06/2014

Stazione: San Clemente

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	10	9	9	9	11	10	8	8	<8	9	11
50°Percentile	6	6	6	15	7	6	5	5	<8	<8	9
90°Percentile	-	-	-	27	26	24	18	21	19	22	24
95°Percentile	36	31	3	34	34	32	26	29	26	31	31
98°Percentile	45	40	38	45	43	40	35	37	37	41	40
Max	87	85	61	52	69	66	66	71	65	65	70
> 200 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	99	98	95	93	76	93	95	100	100	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 del 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 2021 è notevolmente inferiore al limite per la protezione della vegetazione (Tabella 4.5).

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

Tabella 4.5 - NO_x: media annuale 2021

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)	2011 - 2021		

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: nel nostro caso 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
							10 mg/m ³	35 mg/m ³	10 mg/m ³
Flaminia	Rimini	Traffico	100	<0,4	2,6	0,7	1,8	2,6	0,7

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

Per l'anno 2021, il massimo valore giornaliero della media su 8 ore è di 1,8 mg/m³, a fronte del valore limite per la protezione della salute umana indicato dal D.Lgs. 155/2010, pari a 10 mg/m³.

Già a partire dal 2011 si sono registrate concentrazioni medie annuali molto basse (di poco superiori al limite di quantificazione strumentale (0,4 mg/m³)).

Nell'ultimo decennio il valore più alto del massimo valore giornaliero della media su 8 ore è 2,6 mg/m³ e risale al 2011. 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.

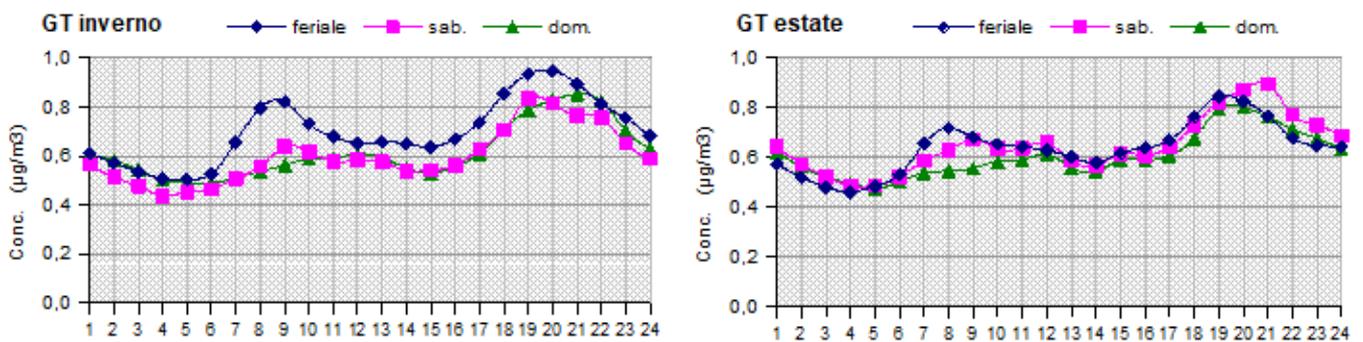
Tabella 4.7 - Andamento temporale di CO dal 2011 al 2021 (concentrazioni espresse in mg/m³)

Stazione: **Flaminia**

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
50°Percentile	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
90°Percentile	1,2	1,1	1,0	1,1	1,2	1,2	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
95°Percentile	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,4	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
98°Percentile	1,7	1,6	1,5	1,5	1,8	1,7	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4
Max	3,7	3,5	3,1	3,3	3,6	3,4	2,4	2,7	2,7	3,4	2,6
Max media 8 h	2,6	2,1	2,2	2,0	2,4	2,5	2,4	1,8	2,3	2,1	1,8
% dati validi	99	100	100	100	94	94	95	95	100	100	100

I grafici successivi (figura 4.7) 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.



Flaminia – Traffico Urbano

Figura 4.7 – 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 di origine naturale si forma per interazione tra composti organici emessi in natura e l'ossigeno dell'aria sotto l'irraggiamento solare, mentre quello di origini antropica si forma a seguito di reazioni con sostanze precursori quali composti organici volatili (COV) e ossidi di azoto. L'immissione di inquinanti primari, prodotti da traffico, processi di combustione, solventi delle vernici, evaporazione di carburanti, etc., favorisce la produzione di un eccesso di Ozono rispetto alle quantità presenti in natura durante i mesi estivi.

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria a livello del suolo di Ozono	2011 – 2021		
Superamento dei valori obiettivo previsti dalla normativa per l'Ozono	2011 – 2021		

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 2021 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 sia stata superata 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	164	0	0	0	148
Verucchio	Verucchio	Fondo Sub-urb	100	<8	169	0	0	0	155
San Clemente	San Clemente	Fondo Rurale	100	<8	151	0	0	0	144
San Leo	San Leo	Fondo Rurale	100	<8	164	0	0	0	156

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	12	3	4	3	0	22	34	20342	25343
Verucchio	2	0	0	12	12	5	3	0	34	44	25098	26462
San Clemente	0	0	0	12	4	3	1	0	20	27	20480	24061
San Leo	0	0	0	5	10	7	4	0	26	23	16308	15534

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 4.8 – O_3 : parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

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

- la soglia di informazione (media oraria $> 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$): 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 $> 240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.

Per questo motivo, le stazioni in cui misurare l'ozono sono le stazioni di fondo: Marecchia, Verucchio, S.Leo, S.Clemente.

Presso la stazione di Verucchio si registrano 2 superamenti del valore obiettivo anche nel mese di marzo, evento non consueto e probabilmente dovuto alla stabilità atmosferica e alle temperature elevate riscontrate nel periodo.

La formazione dell'ozono dipende anche dall'intensità della radiazione solare, pertanto l'andamento delle concentrazioni di ozono troposferico ha una spiccata stagionalità (le più significative si rilevano nel periodo primavera-estate come illustrato nella Figura 4.8) ed un caratteristico andamento giornaliero, con il massimo di concentrazione in corrispondenza delle ore di maggiore insolazione (Figura 4.10).

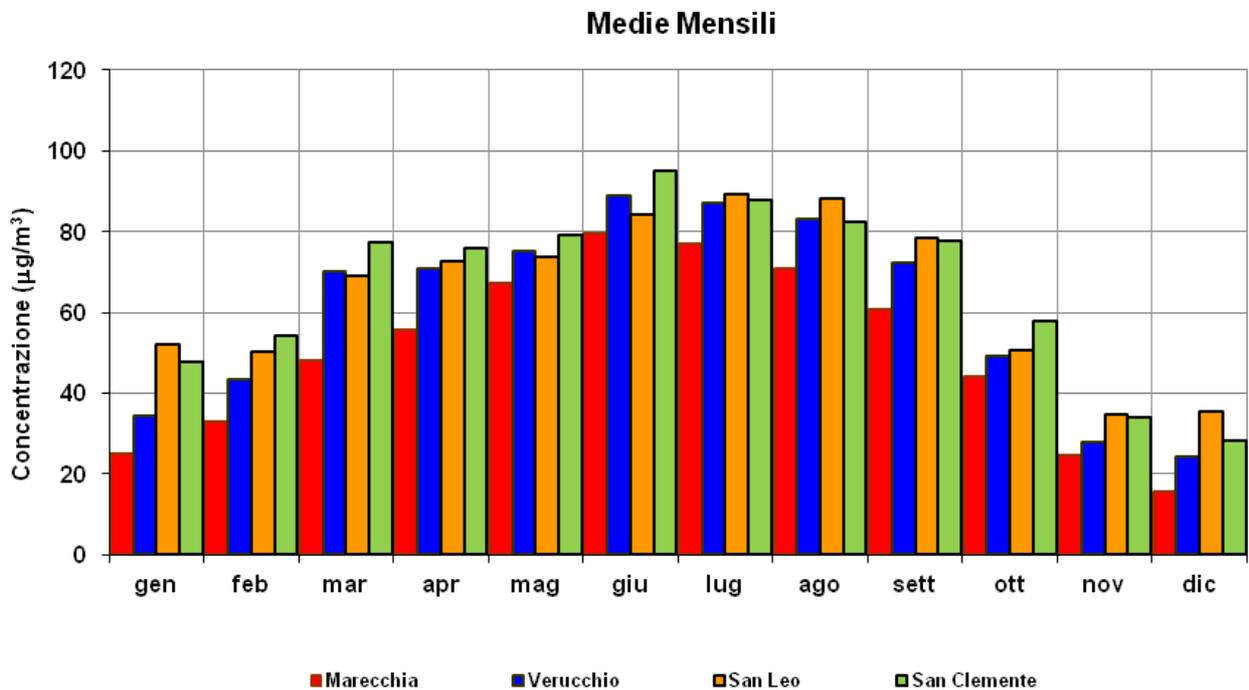
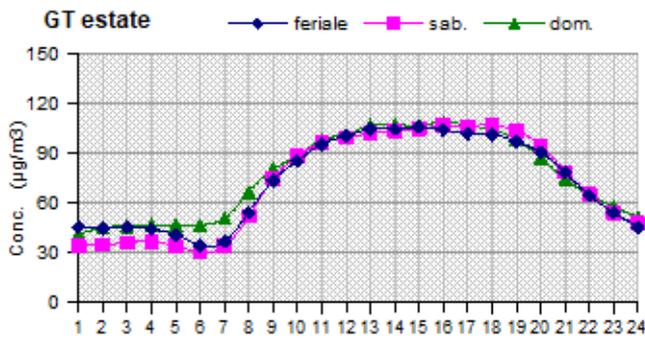


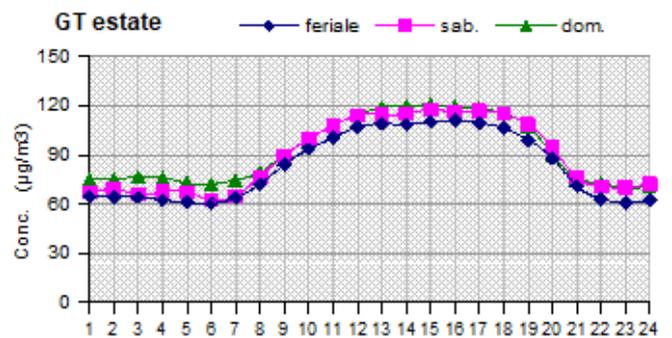
Figura 4.8 Concentrazioni medie mensili Stazioni di Fondo– anno 2021

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.

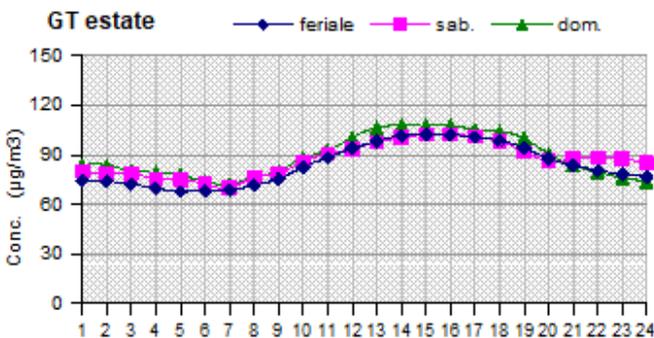
Stazioni di Fondo



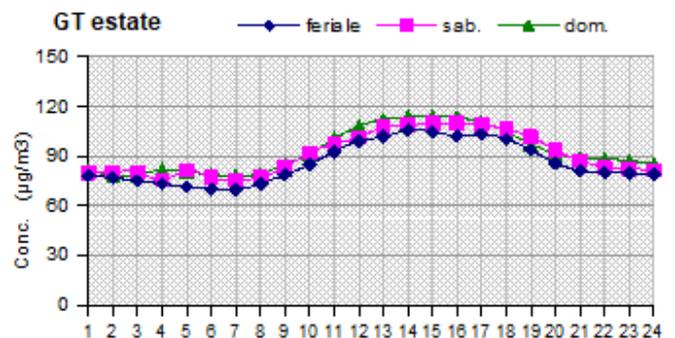
Marecchia (FU)



Verucchio (FSubU)



San Leo (F-Ru)



San Clemente (F-Ru)

Figura 4.10 - Ozono: giorni tipici estivi – anno 2021

Per quanto riguarda il valore obiettivo che fissa in tutte le stazioni si sono avuti più di 25 giorni in cui il massimo valore della media mobile su 8 ore ha superato il valore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 ore supera il valore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I 25 superamenti vanno valutati come media su 3 anni.

Nell'anno 2021, i giorni di superamento sono stati oltre i 25 in due delle 4 stazioni: Verucchio (Fondo Suburbano) e San Leo (Fondo Rurale).

Considerando la media sui 3 anni, il valore obiettivo non è rispettato in 3 delle 4 stazioni. In particolare i giorni di superamento sono: 34 a Marecchia (Fondo Urbano), 44 a Verucchio (Fondo Suburbano) e 27 giorni a San Clemente (Fondo Rurale). San Leo (Fondo Rurale), con 23 superamenti come media nei 3 anni, è pertanto l'unica stazione in cui viene raggiunto il valore obiettivo.

Il numero di giorni di superamento dei $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dal 2011 al 2021, in ogni singolo anno, è riportato in Figura 4.11.

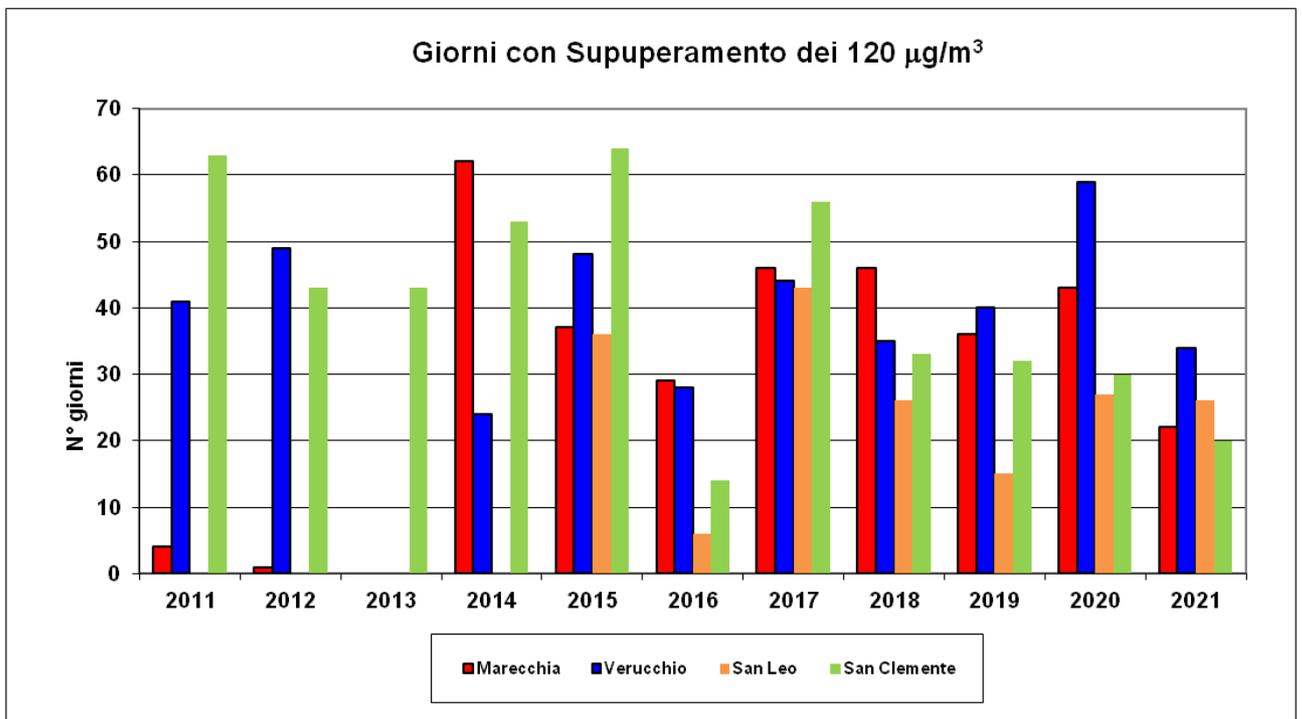


Figura 4.11 Giorni con superamento dei $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - periodo 2011 - 2021

*Gli analizzatori O3 delle Stazioni di Marecchia e Verucchio durante il 2013 hanno presentato malfunzionamenti prolungati durante il periodo estivo, per cui, 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 2021, per quanto riguarda gli episodi acuti, la soglia di informazione (180 µg/m³) e la soglia di allarme (240 µg/m³) non è mai stata raggiunta.

Infine, si riportano in Tabella 4.10 alcuni parametri statistici relativi all'ozono, calcolati nel periodo dal 2011 al 2021.

Tabella 4.10 - Andamento temporale dell'ozono dal 2011 al 2021 (concentrazioni espresse in µg/m³)

Stazione: Marecchia

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	39	32	-	53	51	46	53	51	50	50	50
50°Percentile	32	26	-	47	46	41	48	44	45	47	47
90°Percentile	-	-	-	112	106	99	109	109	103	101	98
95°Percentile	95	78	-	128	119	111	121	122	116	120	110
98°Percentile	106	89	-	145	134	126	136	134	129	134	122
Max orario µg/m³	154	132	-	206	194	169	201	174	188	201	164
N° giorni sup 120 µg/m³	4	1	-	62	37	29	46	46	36	43	22
N° giorni sup 180 µg/m³	0	0	-	13	3	0	5	0	2	6	0
N° giorni sup 240 µg/m³	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	98	99	71	98	94	95	95	97	100	100	100

Stazione: Verucchio

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	56	55	-	55	58	55	63	57	58	63	61
50°Percentile	54	52	-	55	57	54	62	56	57	62	61
90°Percentile	-	-	-	99	107	98	106	103	101	111	104
95°Percentile	119	118	-	111	123	109	120	115	116	128	115
98°Percentile	131	135	-	124	140	127	138	129	131	147	128
Max orario µg/m³	165	193	-	161	209	174	187	171	185	212	169
N° giorni sup 120 µg/m³	41	48	-	24	48	48	44	35	40	59	34
N° giorni sup 180 µg/m³	0	3	-	0	4	0	7	0	5	29	0
N° giorni sup 240 µg/m³	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	96	72	99	94	92	95	96	100	100	100

Stazione: San Leo*

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	-	-	-	-	53	46	61	58	61	63	65
50°Percentile	-	-	-	-	47	42	56	55	61	63	65
90°Percentile	-	-	-	-	101	80	103	95	94	99	100
95°Percentile	-	-	-	-	119	92	123	112	105	112	112
98°Percentile	-	-	-	-	140	107	141	127	118	126	126
Max orario µg/m³	-	-	-	-	196	161	212	172	169	180	164
N° giorni sup 120 µg/m³	-	-	-	-	36	6	43	26	15	27	26
N° giorni sup 180 µg/m³	-	-	-	-	3	0	5	0	0	0	0
N° giorni sup 240 µg/m³	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	-	-	-	-	94	94	93	92	100	100	100

La stazione di S.leo è attiva da giugno 2014

Stazione: San Clemente

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	71	73	66	71	75	61	75	67	71	68	66
50°Percentile	75	75	68	75	80	63	75	89	71	70	68
90°Percentile	-	-	-	112	117	95	112	106	105	105	100
95°Percentile	119	118	108	126	130	105	124	117	117	114	109
98°Percentile	131	135	119	139	144	119	139	126	131	125	120
Max orario µg/m³	178	201	194	186	216	157	195	154	178	168	151
N° giorni sup 120 µg/m³	63	66	43	53	64	14	56	33	32	30	20
N° giorni sup 180 µg/m³	0	3	2	4	7	0	5	0	0	0	0
N° giorni sup 240 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	99	98	100	93	92	95	96	100	100	100

4.4 Benzene C₆H₆

Il benzene è una sostanza chimica liquida e incolore dal caratteristico odore pungente.

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

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

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di Benzene (C ₆ H ₆)	2011 – 2021		

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 2021 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 C₆H₆ [L.Q. = 0,1 µg/m ³]				Concentrazioni in µg/m ³				Limite Normativo
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo orario</i>	<i>Massimo orario</i>	<i>Media Max giornaliera</i>	<i>Media Max settimanale</i>	5,0 µg/m ³
								<i>Media annuale</i>
Flaminia	Rimini	Traffico	99	<0,1	9,4	4,7	3,2	1,4

Tabella 4.11 – C₆H₆: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme – 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 µg/m³ come media annuale.

In Tabella 4.11 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 4.12 sono rappresentate le concentrazioni medie annuali a partire dal 2011: 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 µg/m³.

Benzene - media annuale a Flaminia

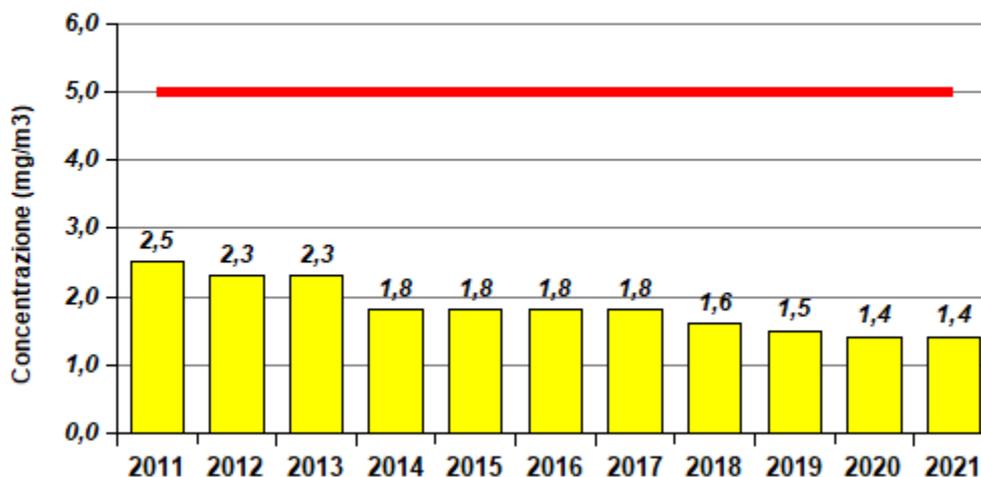


Figura 4.12 - Confronto con il valore limite- D.lgs. 155/10

Il grafico successivo (Figura 4.13) riportano le concentrazioni medie mensili: valori superiori ai 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sono stati rilevati nel mese di gennaio e dicembre, periodo in cui anche gli altri inquinanti (ad esclusione dell'ozono) manifestano le concentrazioni più elevate.

Flaminia - Benzene - Medie mensili

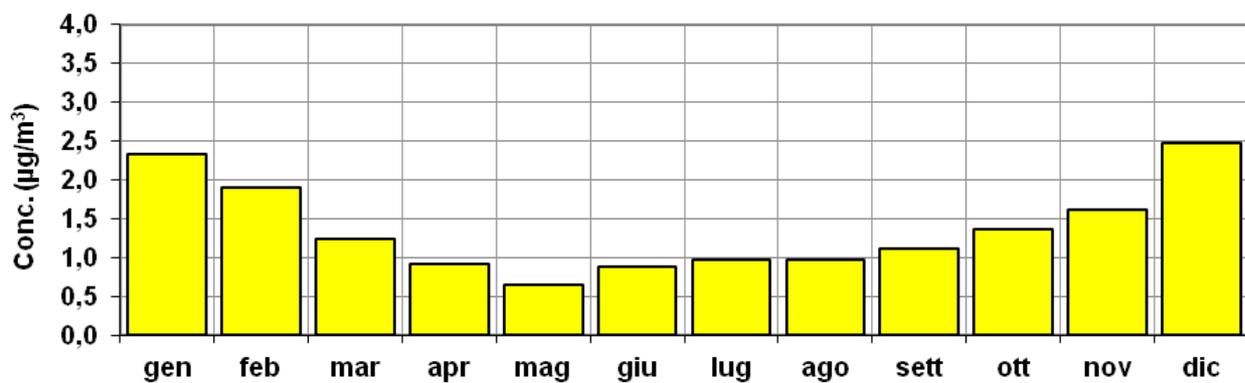


Figura 4.13 - Concentrazioni medie mensili: Flaminia - monitoraggio continuo - Anno 2021

La Tabella 4.12 riporta alcuni parametri statistici delle concentrazioni di benzene a partire dal 2011. 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.

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

Stazione: Flaminia

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	2,5	2,3	2,3	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,5	1,4	1,4
50°Percentile	2,1	2	2,0	1,5	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,0	1,0
90°Percentile	4,3	4,2	3,9	3,5	3,5	3,4	2,9	2,9	3,0	2,9	2,6
95°Percentile	5,4	5,4	4,9	4,3	4,6	4,5	3,4	3,9	4,0	4,1	3,4
98°Percentile	7,0	6,9	6,8	5,5	6,5	5,9	5,9	5,0	5,2	5,7	4,6
Max	27,8	14,1	18,4	14,1	23,2	10,4	10,2	10,2	12,2	12,2	9,4
N° giorni > 5 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° giorni >10 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	100	99	95	98	89	93	96	96	98	100	99

Tabella 4.12 - Andamento temporale di Benzene dal 2011 al 2021 (concentrazioni espresse in µg/m³)

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.

Lo xilene è un liquido incolore avente un odore lievemente dolce; è anch'esso un idrocarburo aromatico infiammabile e nocivo. È un prodotto che si trova naturalmente nel petrolio e nel catrame: le industrie chimiche producono lo xilene a partire dal petrolio ed è utilizzato 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 può formare anche negli incendi boschivi.

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di Toluene (C ₇ H ₈) e Xileni (C ₈ H ₁₀)	2011 – 2021		

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 2021 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 C₇H₈				Concentrazioni in µg/m³				Valori guida OMS
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza%</i>	<i>Massimo orario</i>	<i>Media Max giornaliera</i>	<i>Max medie settimanali</i>	<i>Media annuale</i>	<i>260 µg/m³</i>
								<i>Media settimanale</i>
Flaminia	Rimini	Traffico	99	71,0	15,1	10,0	6,1	10,0
Xileni C₈H₁₀				Concentrazioni in µg/m³				Valori guida OMS
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza%</i>	<i>Massimo orario</i>	<i>Media Max giornaliera</i>	<i>Max medie settimanali</i>	<i>Media annuale</i>	<i>4800 µg/m³</i>
								<i>Media 24 ore</i>
Flaminia	Rimini	Traffico	99	37,4	11,2	7,3	3,7	11,2

Tabella 4.13 – Toluene e Xileni: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme – strumentazione in continuo

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

La Tabella 4.13 sintetizza le elaborazioni statistiche relative ai campionamenti effettuati e la Figura 4.15 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 4.13).

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

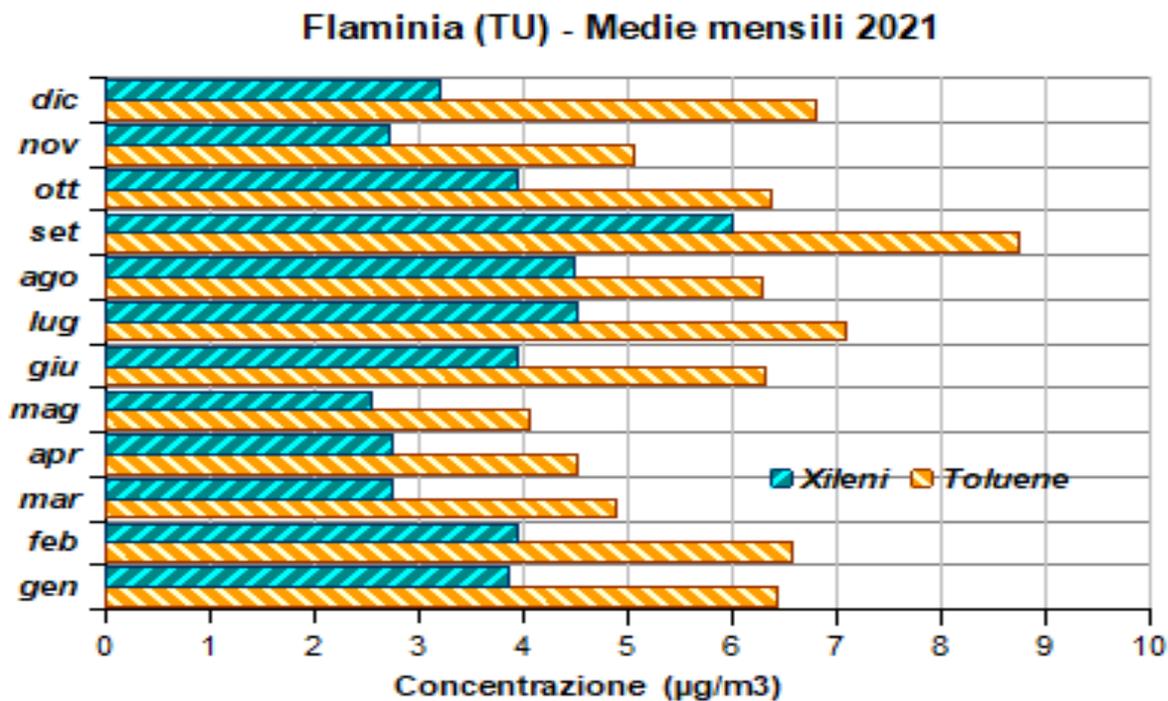


Figura 4.15 – Toluene e Xileni: concentrazioni medie mensili – anno 2021

In Tabella 4.13-bis sono riportati alcuni parametri statistici relativi a Toluene e Xileni per la serie storica dal 2015 al 2021

Stazione: Flaminia

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Toluene											
% dati validi	-	-	-	-	94	90	93	96	94	96	99
Media	-	-	-	-	9,9	8,9	7,7	6,9	7,5	6,6	6,1
Max orario	-	-	-	-	333,8	82,7	71,9	85,6	64,5	157,5	71,0
Xileni											
% dati validi	-	-	-	-	94	90	93	96	94	96	99
Media	-	-	-	-	6,3	5,8	5,0	4,3	5,3	4,0	3,7
Max orario	-	-	-	-	48,1	37,6	42,8	29,4	48,6	43,0	37,4

Tabella 4.13 bis - Andamento temporale di Toluene e Xileni dal 2015 al 2021 (concentrazioni espresse in µg/m3)

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 avere effetti negativi sulla salute.

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

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

Questo inquinante è oggetto di numerosi studi a livello internazionale per la valutazione dell'impatto sanitario, ricerche che hanno portato l'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) a affermare che «vi è una stretta, relazione quantitativa tra l'esposizione ad alte concentrazioni di particolato 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 PM10: 15 µg/m³ come media annuale e 45 µg/m³ come media sulle 24 ore), pone l'obiettivo di raggiungere «le più basse concentrazioni di PM possibile».

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di particolato PM10	2016 – 2021		
Numero superamenti del limite giornaliero per particolato PM10	2016 – 2021		

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 2021 il limite della media annuale del PM10 (40 µg/m³) è rispettato in tutte le stazioni della Provincia di Rimini. Il limite giornaliero (media giornaliera di 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte in un anno) è invece stato superato solo nella stazione di traffico urbano (Flaminia)

I valori guida dell'OMS (15 µg/m³ come media annuale e 45 µg/m³ come concentrazione massima sulle 24 ore) sono stati superati in tutte le stazioni ad eccezione della stazione di San Leo (13 µg/m³).

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 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i> <i>Valori guida OMSS: 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>	<i>Max 35</i> <i>Valori guida OMSS: 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	96	5	119	28	36 (OMS 46)
Marecchia	Rimini	Fondo Urbano	96	<3	95	25	27 (OMS 36)
Verucchio	Verucchio	Fondo Sub-urb	98	<3	94	18	13 (OMS 15)
San Leo	San Leo	Fondo Rurale	97	<3	65	13	4 (OMS 5)

Tabella 4.14 – PM10: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

Nel 2021, il limite della media annuale è stato rispettato in tutte le postazioni, mentre il limite giornaliero (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte in un anno) è stato superato solo nella stazione di traffico urbano “Flaminia” (36 superamenti). Sottraendo i contributi dovuti a eventi di trasporto di polveri desertiche che ha interessato buona parte del territorio regionale, anche nella stazione di traffico urbano (Flaminia) il limite annuale di 35 superamenti/anno previsto dal D.Lgs. 155/2010 sarebbe rispettato.

Le Figure 4.16 e 4.17 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 2021 la media annuale è in linea con quella degli anni precedenti, mentre il numero di superamenti è minore,

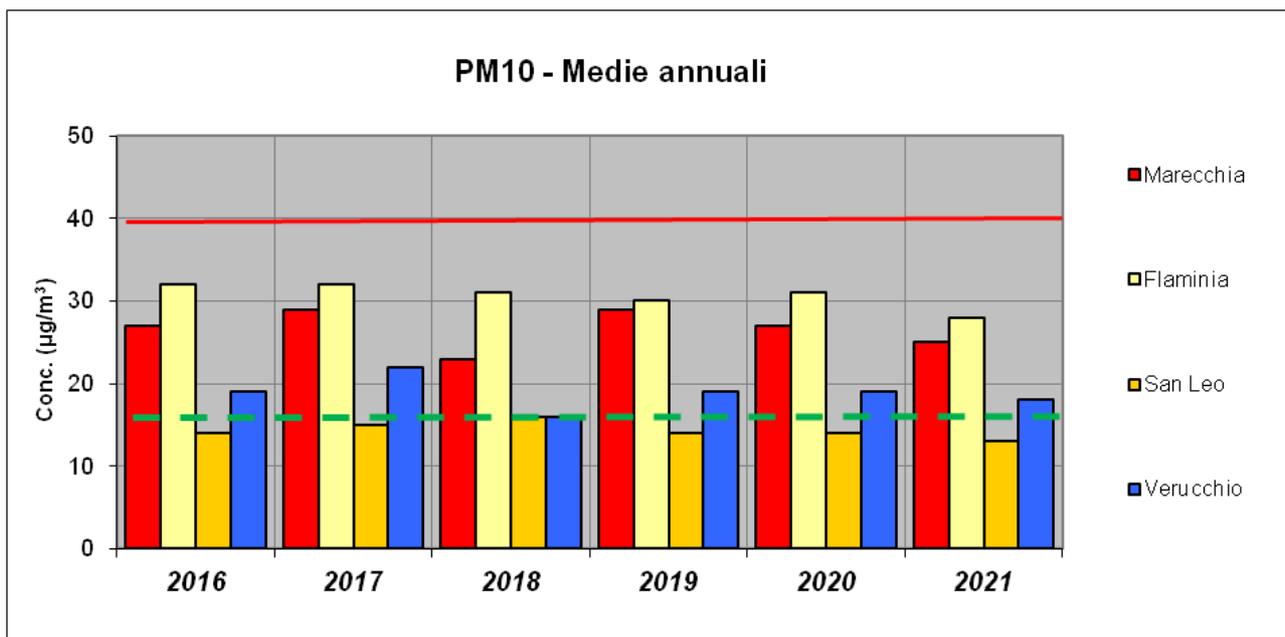


Figura 4.16 – PM10 medie annuali

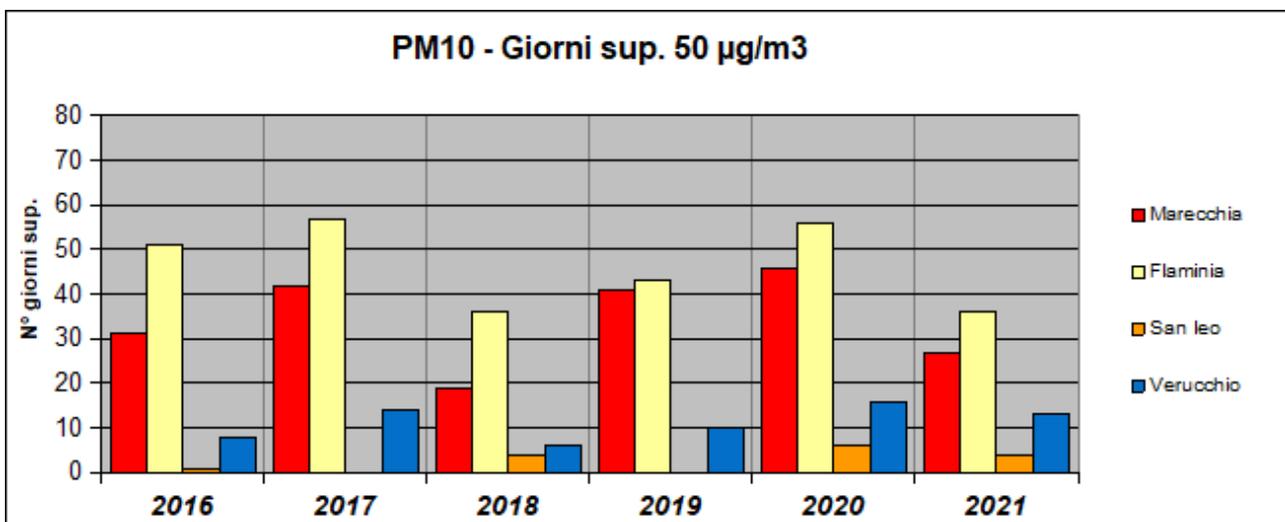


Figura 4.17 – PM10 giorni con superamento dei 50 µg/m³ -

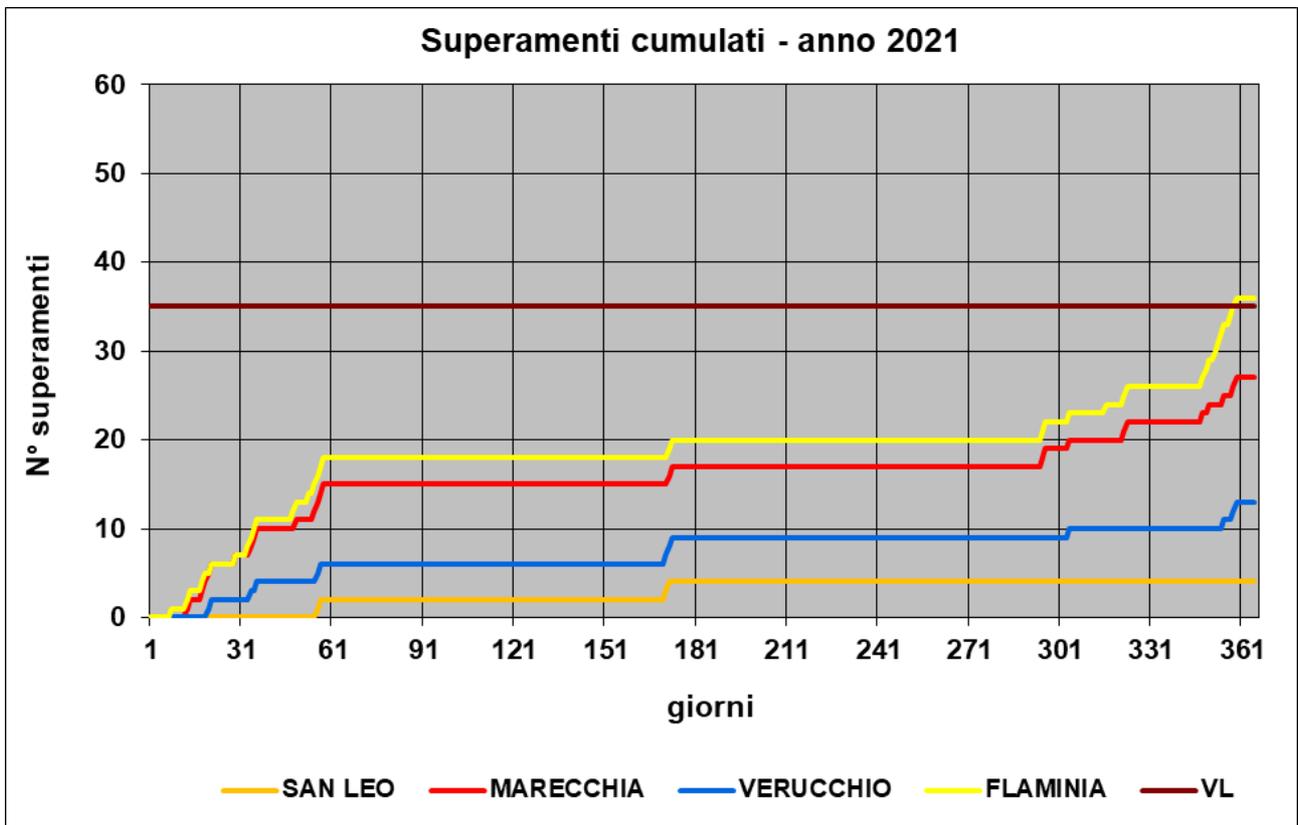


Figura 4.19 – PM10 Superamenti cumulati - TU, FU , FSub-U e F-Ru Stazioni RRQA

Le medie mensili di PM10 (Figura 4.20), come prevedibile, sono più elevate nei mesi invernali con concentrazioni, a gennaio, febbraio e dicembre superiori a 40 µg/m³ nella sola stazione di Traffico Urbano (Flaminia).

PM10 - Medie mensili

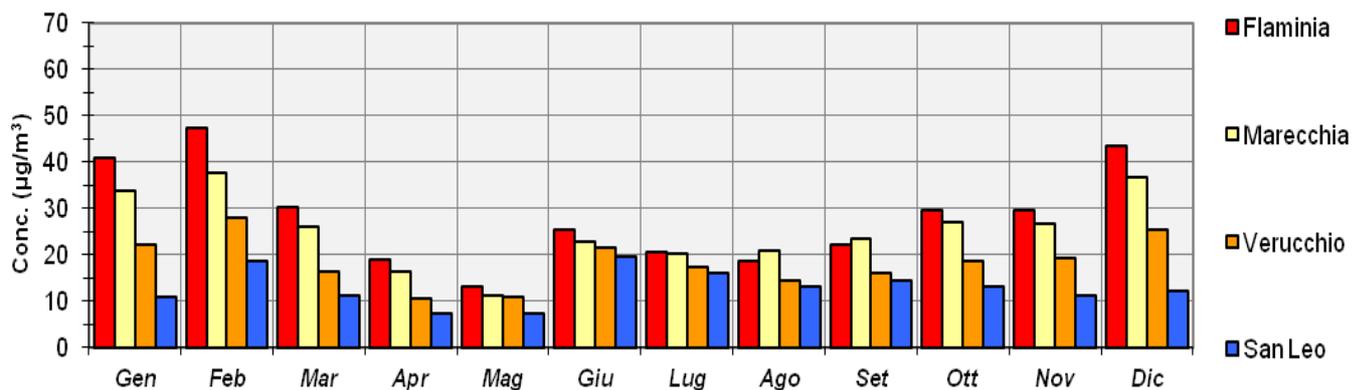


Figura 4.20 – PM10 medie mensili – Stazioni RRQA

Infine, la Tabella 4.16 riporta alcuni parametri relativi al PM10, calcolati a partire dal 2016.

Stazione: Flaminia

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	32	32	31	30	31	28
50°Percentile	27	26	27	25	23	23
90°Percentile	57	59	51	53	63	51
95°Percentile	68	67	64	65	74	62
98°Percentile	87	85	73	75	90	76
Max	142	139	87	88	140	119
> 50 µg/m³	51	57	36	43	56	36
% dati validi	97	94	96	95	98	96

Stazione: Marecchia

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	27	29	23	29	27	25
50°Percentile	22	23	20	25	20	22
90°Percentile	48	52	40	53	56	46
95°Percentile	58	60	51	65	69	56
98°Percentile	77	77	57	74	80	66
Max	117	140	74	88	132	95
> 50 µg/m³	31	42	19	41	46	27
% dati validi	98	96	93	95	95	96

Stazione: Verucchio

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	19	22	16	19	19	18
50°Percentile	16	17	15	16	15	16
90°Percentile	36	39	27	33	37	34
95°Percentile	42	47	34	44	49	43
98°Percentile	52	65	45	53	68	54
Max	75	153	57	60	123	94
> 50 µg/m ³	8	14	6	10	16	13
% dati validi	96	99	98	98	98	98

Stazione: San Leo

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	14	15	16	14	14	13
50°Percentile	12	13	15	12	11	10
90°Percentile	27	27	27	25	26	24
95°Percentile	32	31	34	32	33	31
98°Percentile	37	39	45	40	43	39
Max	56	48	57	49	135	65
> 50 µg/m ³	1	0	4	0	6	4
% dati validi	94	3	95	96	98	97

Tabella 4.16 - Andamento temporale P10 dal 2016 al 2021 (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 morbilità, sia quotidiana sia nel tempo. [...] Il particolato fine ha effetti sulla salute anche a concentrazioni molto basse, infatti non è stata identificata una soglia al di sotto della quale non si osservano danni alla salute». Pertanto, l'OMS, pur indicando dei valori guida (per il PM2.5: 5 µg/m³ come media annuale e 10 µg/m³ come media sulle 24 ore), pone l'obiettivo di raggiungere «le più basse concentrazioni di PM possibile».

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di Particolato fine (PM2.5)	2016 – 2021		

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

Nel 2021 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): 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.

PM2.5 [L.Q. = 3 µg/m³]				Concentrazioni in µg/m³		Limite Normativo	Limite indicativo
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<i>25 µg/m³</i> <i>Valori guida OMS:</i> <i>5 µg/m³</i>	<i>20 µg/m³</i>
						<i>Media anno</i>	<i>Media anno</i>
Marecchia	Rimini	Fondo Urbano	96	<3	67	15	15
San Clemente	San Clemente	Fondo Urbano	98	<3	54	10	10

Tabella 4.17 – PM2.5: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

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

Nel 2021, nella rete di Rimini, in tutte le stazioni è rispettato sia il valore limite della media annuale (25 µg/m³), sia il “limite indicativo” (20 µg/m³).

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

Di seguito si riporta il grafico con le medie mensili (Figura 4.22): solo nei mesi estivi (aprile, maggio, giugno, luglio e agosto) le concentrazioni nelle stazioni di fondo sono inferiori a 10 µg/m³.

PM2.5 - Medie mensili 2021

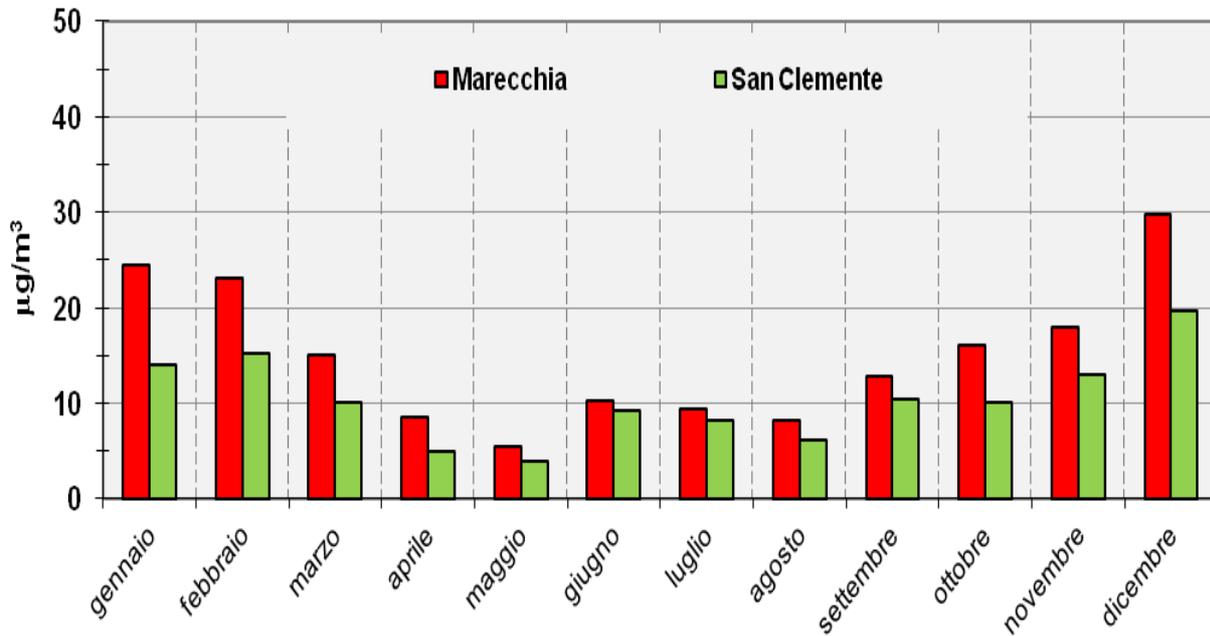


Figura 4.22 – PM2.5: medie mensili 2021

In Figura 4.23a sono riportate le medie annuali rilevate dal 2016 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 ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 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 postazioni.

Indicativo, anche se non costituisce un limite di legge, è il numero di superamenti della media giornaliera impostata dall’OMS-AQG. Fino al 2020 tale valore guida si attestava 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 gli anni precedenti (Figura 4.23b):

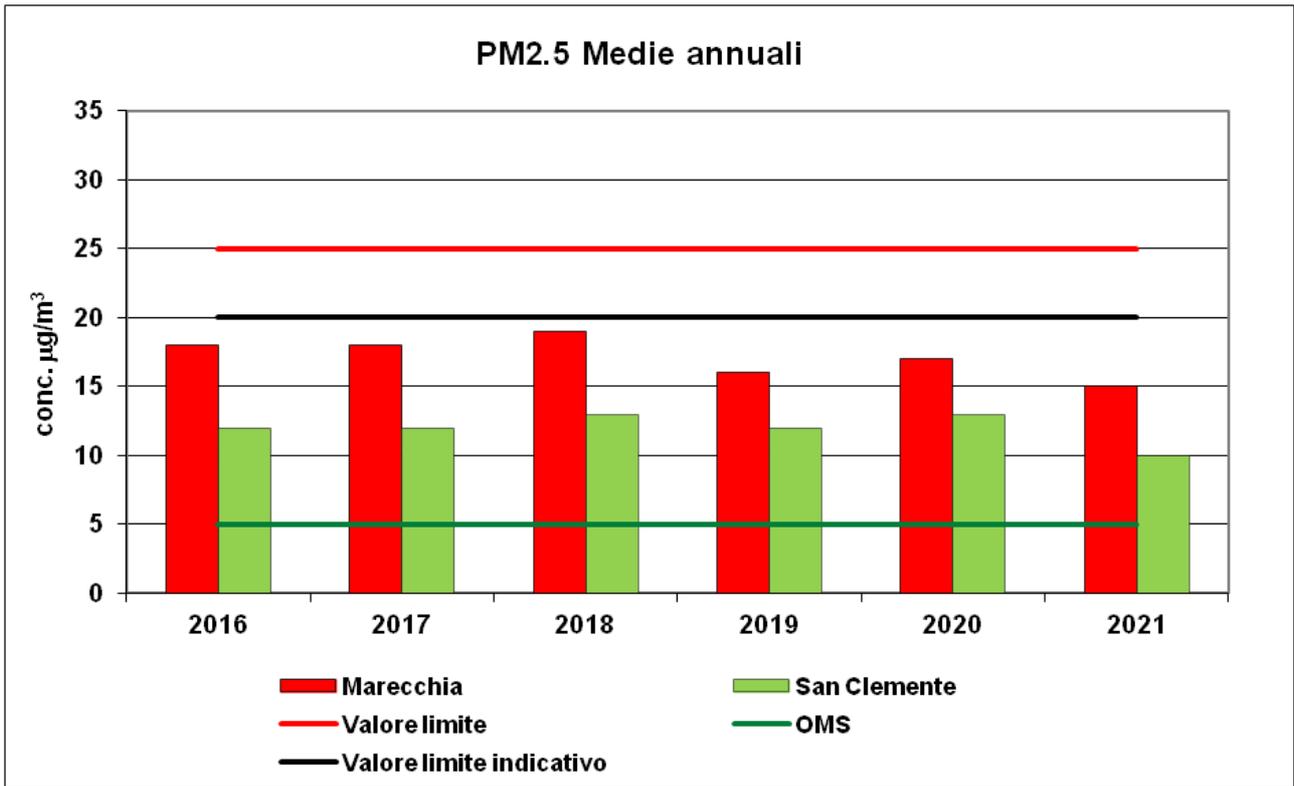


Figura 4.23a – PM2.5: medie annuali nell'intervallo 2016 - 2021

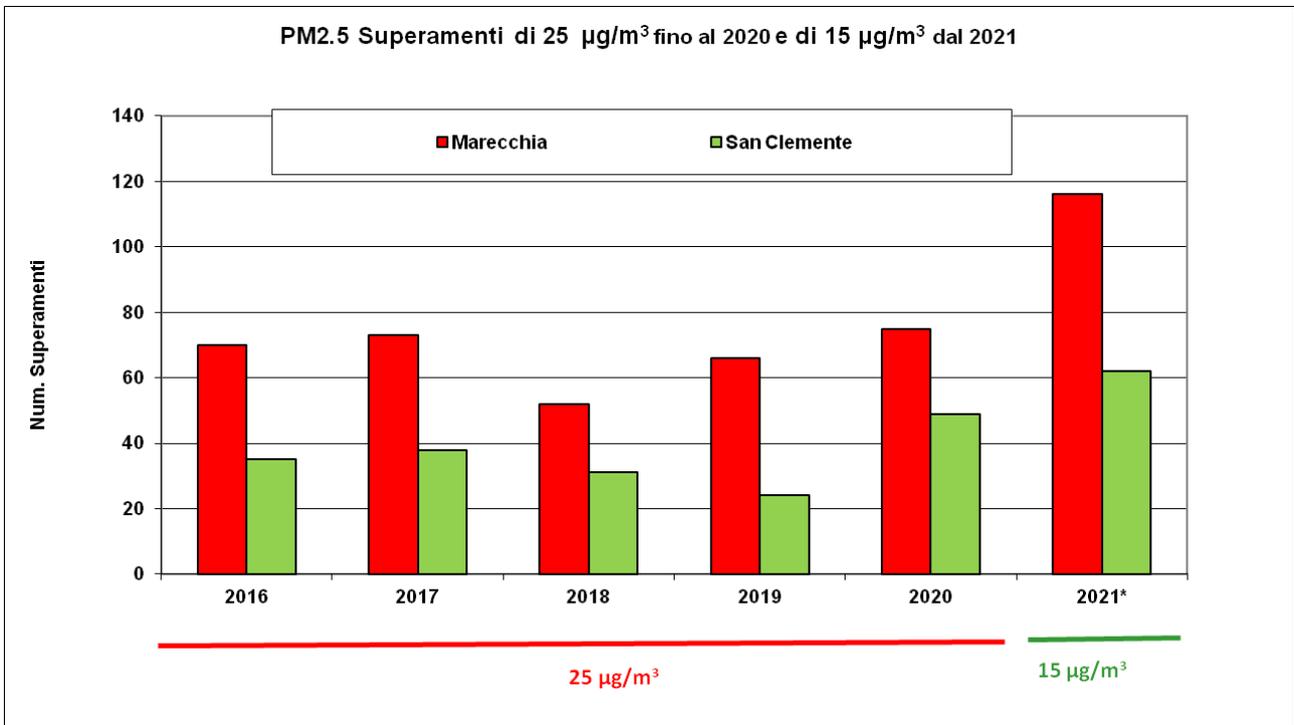


Figura 4.23b – PM2.5: N° superamenti della media giornaliera di 25 µg/m³ nell'intervallo 2016 - 2020 e di 15 µg/m³ dal 2021

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 4.24).

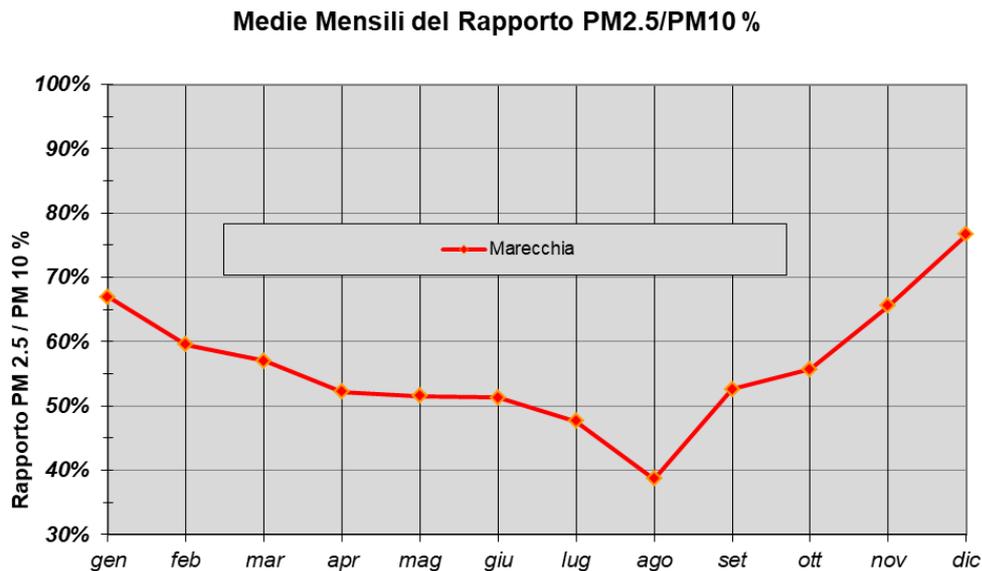


Figura 4.24
Rapporto
PM2.5/PM10
(quale % di PM10
e PM2.5): medie
mensili 2021

Dagli andamenti del rapporto si osserva una spiccata stagionalità:

la quota di particolato fine (PM 2.5) è maggiore nei mesi invernali quando oltre il 60% del PM10 è costituito da PM 2.5.

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

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

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

La Tabella 4.17 bis riporta alcuni parametri statistici relativi al PM 2.5, calcolati a partire dal 2016.

Tabella 4.17 bis - Andamento temporale PM2.5 dal 2016 al 2021 (dati giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)**Stazione: Marecchia**

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	18	18	19	16	17	15
50°Percentile	14	13	13	11	10	11
90°Percentile	38	40	34	36	44	32
95°Percentile	49	49	45	49	50	41
98°Percentile	68	68	48	55	55	50
Max	106	122	71	62	89	67
> 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2016/2020	70	73	52	66	75	-
>15$\mu\text{g}/\text{m}^3$ dal 2021	-	-	-	-	-	116
% dati validi	95	96	89	95	93	96

Stazione: San Clemente

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media	12	12	13	12	13	10
50°Percentile	9	8	10	9	9	8
90°Percentile	25	28	25	23	30	22
95°Percentile	35	34	31	28	37	27
98°Percentile	44	42	40	41	48	33
Max	59	59	63	57	80	54
> 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2016/2020	35	38	31	24	49	-
>15$\mu\text{g}/\text{m}^3$ dal 2021	-	-	-	-	-	62
% dati validi	98	99	98	97	98	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 (Gruppo1).

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 nell'atmosfera 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 rivelatore 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	2016 - 2021		

Nel 2021 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 (2016-2020) 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	96	<0,1	0,768	0,211

Tabella 4.18 – IPA nel particolato PM10: parametri statistici e confronto con i limiti normativi

In Figura 4.25 sono riportate le concentrazioni medie annuali di Benzo(a)pirene (in ng/m³), rilevate nella postazione del comune di Rimini, negli ultimi 5 anni. Le medie annuali del 2021 sono più basse rispetto a quelle rilevate negli ultimi 5 anni. In generale, si osserva un trend in diminuzione, e sempre abbondantemente inferiore al limite normativo di 1 ng/m³.

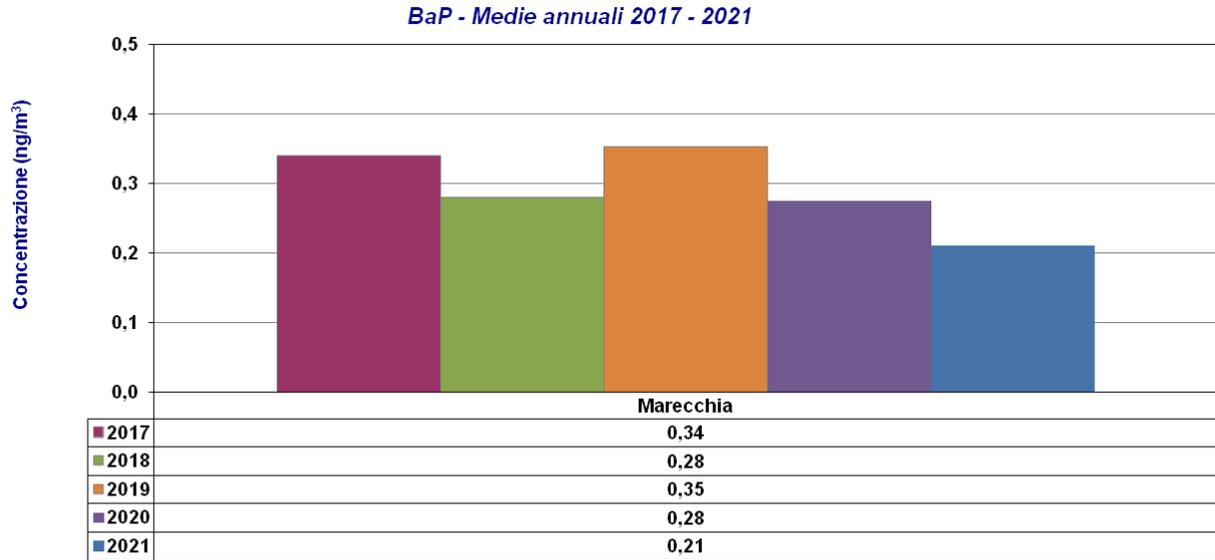


Figura 4.25 – Concentrazioni medie annuali BaP – anni 2017 – 2021

L'istogramma delle concentrazioni medie mensili di BaP (Figura 4.26), 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 0,77 ng/m³ nel mese di Dicembre).

Le basse concentrazioni nei mesi estivi sono riconducibili alla concomitanza di diversi fattori: la riduzione delle sorgenti attive (minor uso dell'auto, riscaldamento spento,...), la presenza di condizioni meteorologiche più favorevoli alla diffusione 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.

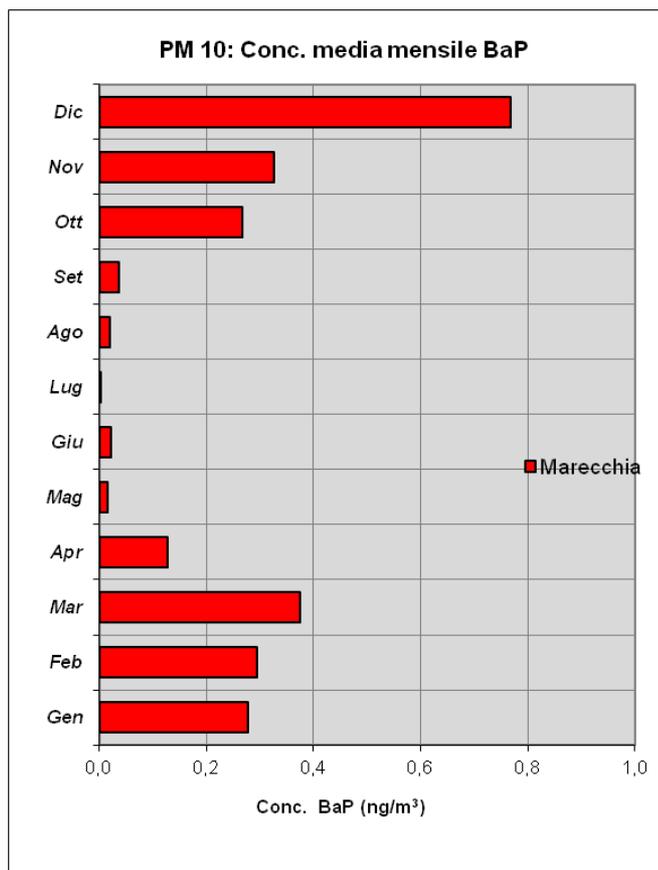


Figura 4.26 – Andamento temporale delle concentrazioni medie mensili di BaP nel PM10 nel 2021

Il grafico di Figura 4.27 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, anch'esso classificato dallo IARC come 2B.

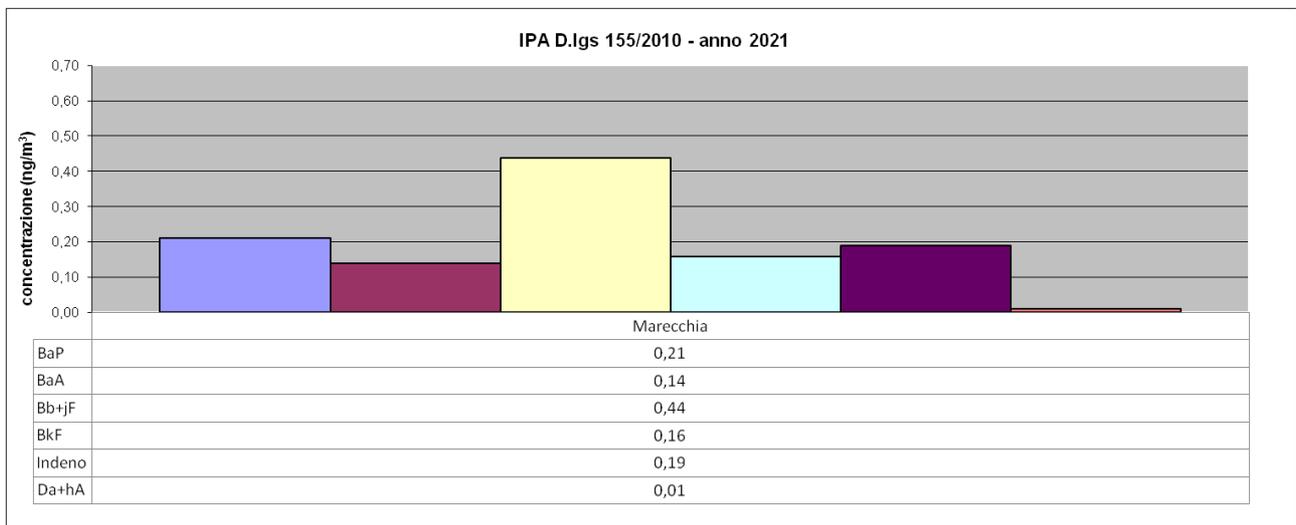


Figura 4.27 – Media annuale sul particolato PM10 (2021) degli IPA indicati dal D.lgs. 155/2010

4.8.1.1 Rapporti diagnostici

È stato approfondito lo studio dei rapporti fra singoli 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 2020 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
Indeno[1,2,3-cd]pyrene/(indeno[1,2,3-cd]pyrene + benzo[ghi]perylene)	0.18	Cars	Grimmer et al. (1983); Ravindra et al. (2006a, b) Kavouras et al. (2001)
	0.37	Diesel	
	0.56	Coal	
	0.62	Wood burning	
Fluorene/(fluorene + pyrene)	0.35-0.70	Diesel emissions	Rogge et al. (1993a,b); Mandalakis et al. (2002); Fang et al. (2004); Ravindra et al. (2006a, b)
	>0.5	Diesel	
B[a]P/(B[a]P + chrysene)	<0.5	Gasoline	Khalili et al. (1995); Guo et al. (2003)
	0.5	Diesel	
Benzo[b]fluoranthene/benzo[k]fluoranthene	0.73	Gasoline	Pandey et al. (1999); Park et al. (2002)
	>0.5	Diesel	
B[a]P/benzo[ghi]perylene	0.5-0.6	Traffic emission	Pandey et al. (1999); Park et al. (2002); Pandey et al. (1999)
	>1.25	Brown coal ^b	
Indeno[1,2,3-cd]pyrene/benzo[ghi]perylene	<0.4	Gasoline	Caricchia et al. (1999)
	~1	Diesel	
CPAHs/TPAHs ^a	~1	Combustion	Prah 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	Diesel engine	
	~10		
Pyrene/B[a]P	~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 4.19– Esempi di rapporti diagnostici (Ravindra et. al., atm environment (2008) doi:10.1016/j.atmosenv.2007.12.010).

Di seguito si riportano i valori dei rapporti, calcolati per l'anno 2021 a Rimini, di:

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

(evidenziati in rosso nella tabella 4.19).

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 modificherebbe il valore del rapporto diagnostico.

Rapporto medio					
		$I(1,2,3,c,d)P / (I(1,2,3c,d)P + B(g,h,i)Pe)$		$BaP / (BaP + crisene)$	
Stazione		2021	autunno ed inverno 2021	2021	autunno ed inverno 2021
Marecchia	PM10	0,46	0,50	0,47	0,48

Tabella 4.20 – Rapporti diagnostici

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 $BaP / [(BaP + Crisene)]$ 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 4.30).

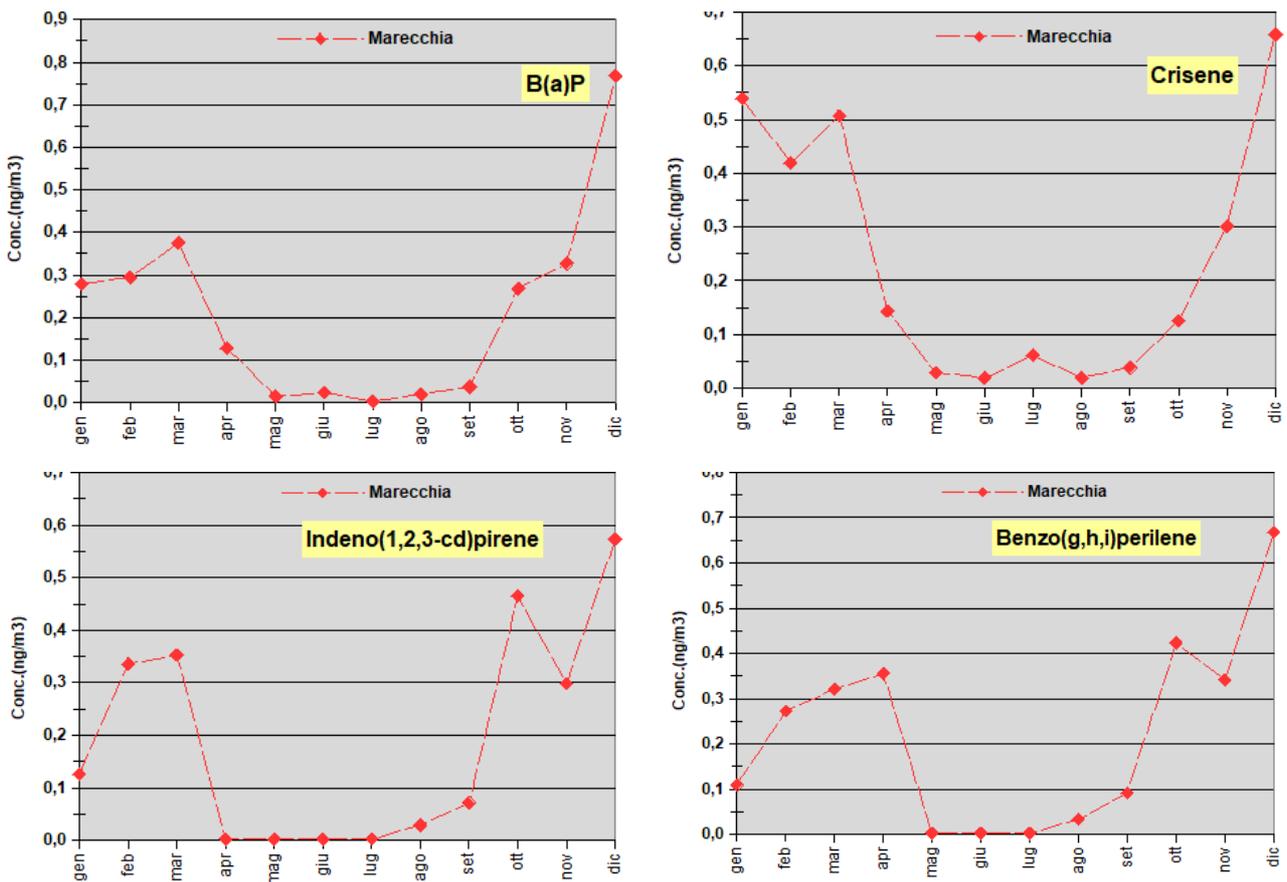


Figura 4.30 – Medie mensili degli IPA considerati nei rapporti diagnostici 2021

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, che 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

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di Metalli Pesanti (As, Cd, Ni, Pb)	2016 - 2021		

Per tutti i metalli, ricercati nel particolato nell'anno 2021 le concentrazioni medie risultano in linea con i dati rilevati negli anni precedenti, inferiori ai limiti di legge .

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 Sub-urb	96	0,2	0,1	0,9	2,5

Tabella 4.21 – Metalli sul particolato PM10 espressi in ng/m³: 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%.

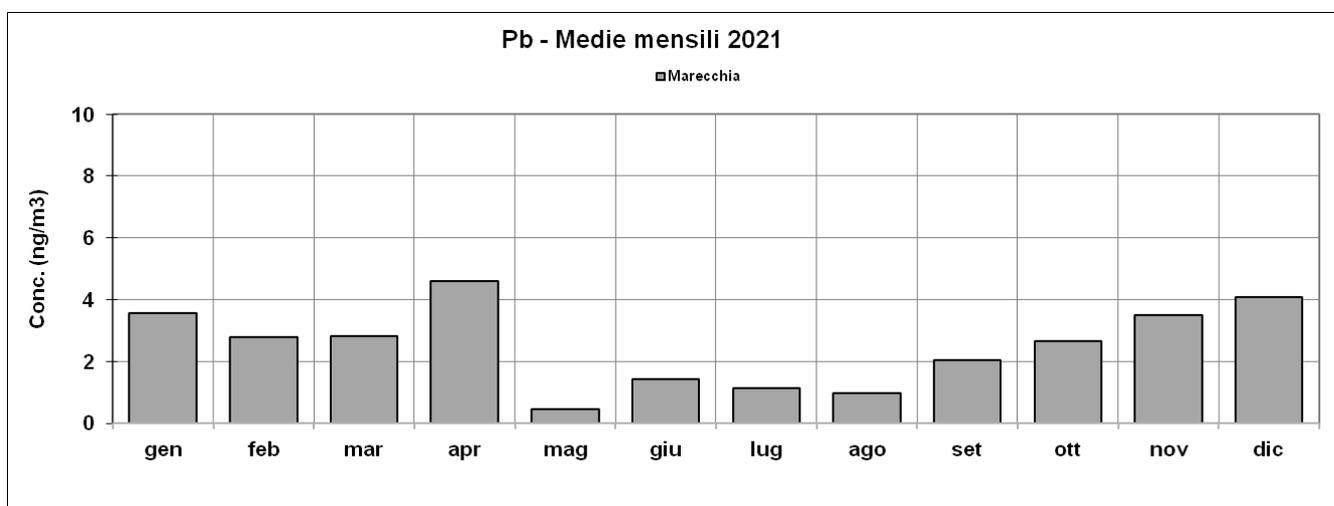
Di seguito si riportano i risultati di alcuni lavori effettuati ormai più di dieci anni fa, che quindi hanno una valenza più qualitativa che quantitativa (essendosi nel frattempo modificato il pattern emissivo), relativi ai range della concentrazione media annuale di alcuni metalli (Pb, Cd, Ni, As) rilevata in Italia e in Europa, pubblicati dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS) (tabella 4.22).

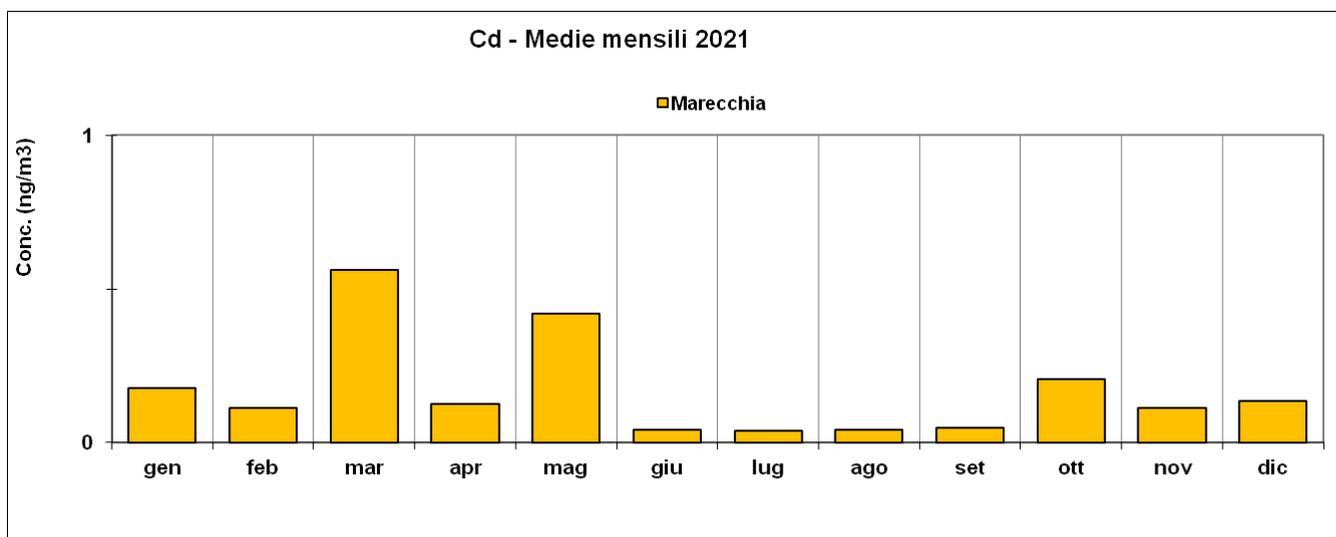
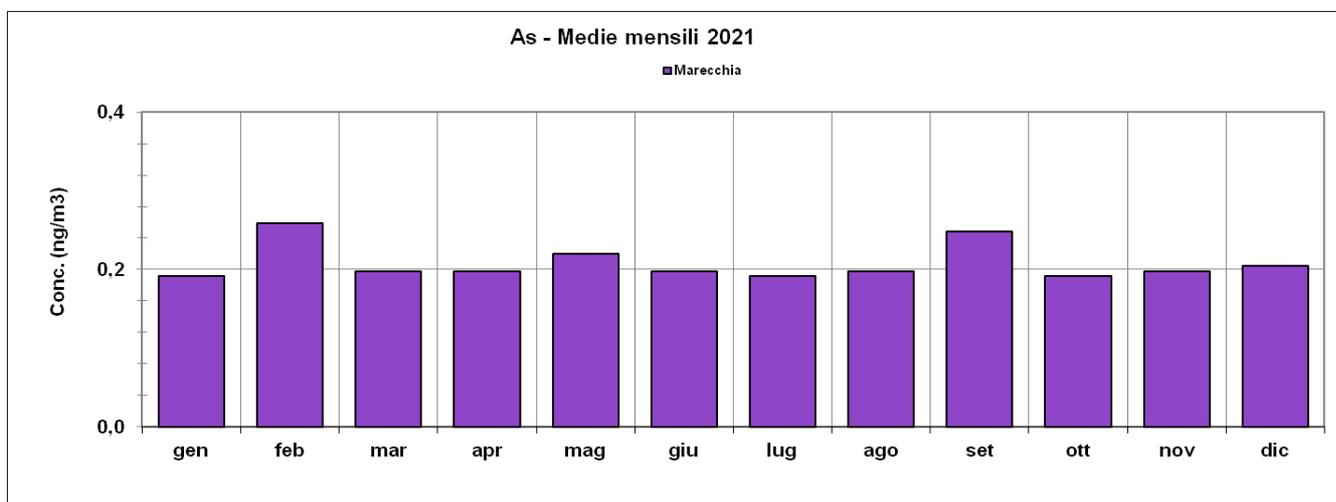
Inquinante	ISS 1999-2000 (1)	ISS 2003⁽²⁾	ISS 2004⁽³⁾	Range italiano	Range europeo	Valore obiettivo
Piombo	68	21	10,1	6,3 - 210	10 -100	500
Cadmio	0,62	0,51	0,34	0,2 - 4	0,2 - 2,5	5.0
Nichel	6,6	6,2	4,8	3,3 - 35	1,4 -13	20.0
Arsenico	--	4,3	1,7	0,3 - 8,4	0,5 - 3	6.0

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

In Figura 4.34 sono rappresentate le medie mensili dei metalli ricercati sul particolato PM10 nella stazione Marecchia della provincia di Rimini.





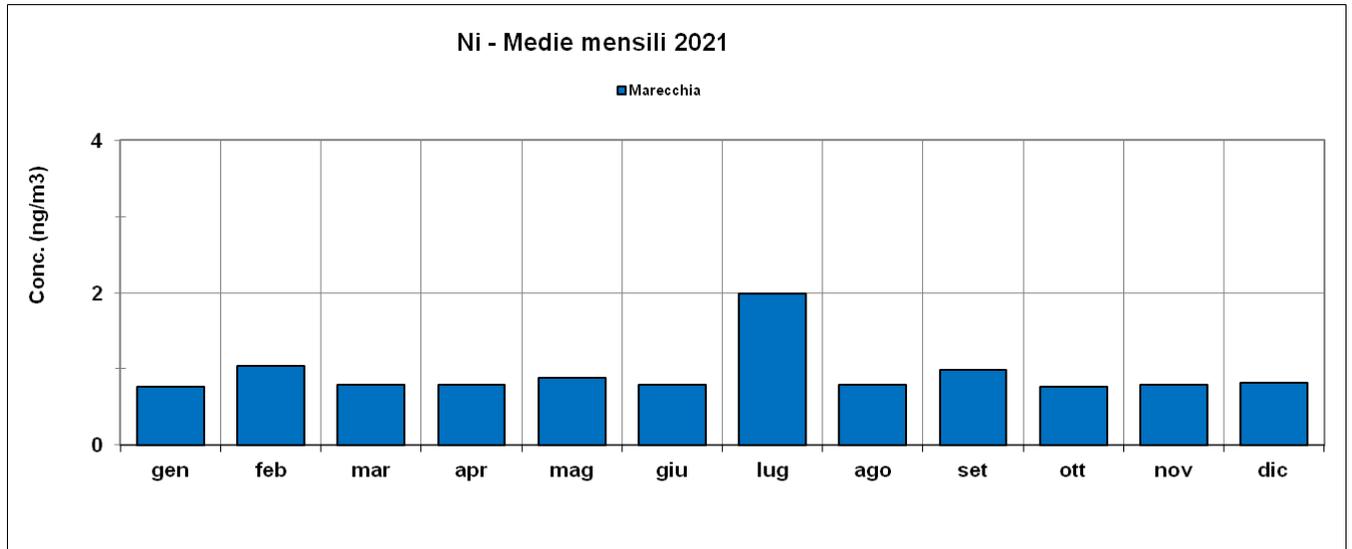


Figura 4.34– Medie mensili di Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel nel particolato PM10 – Anno 2021

Le concentrazioni misurate nella rete di Rimini (RRQA) confrontate con i dati pubblicati dall'ISS e con i campionamenti effettuati nell'area urbana di Bologna nel biennio 2004 – 2005 (Tabella 4.23), mostrano valori inferiori rispetto ai dati riportati in bibliografia in tutte le stazioni.

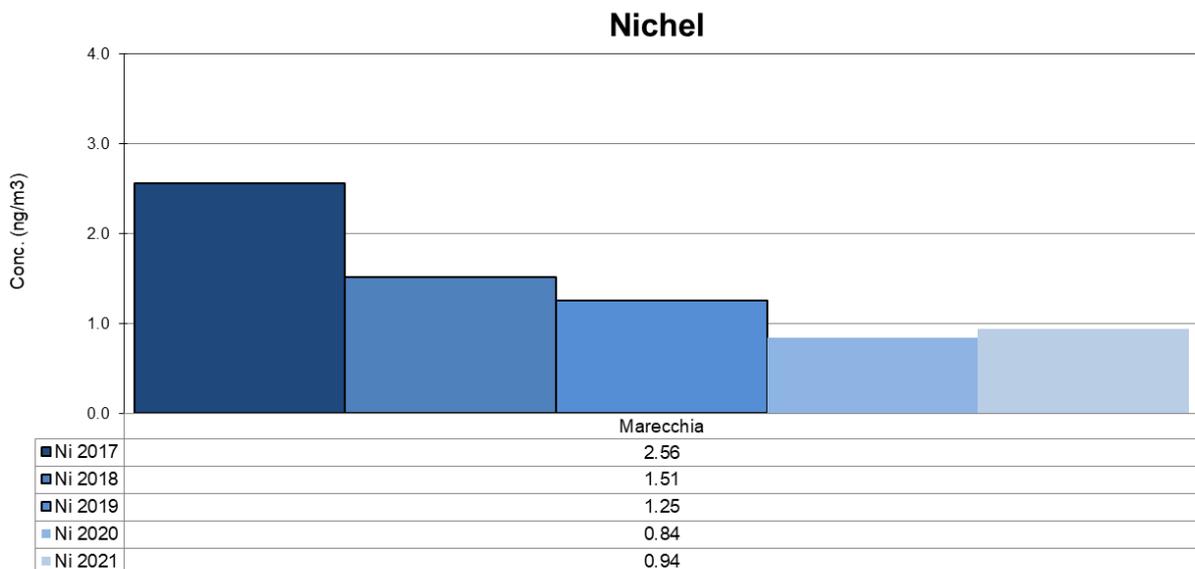
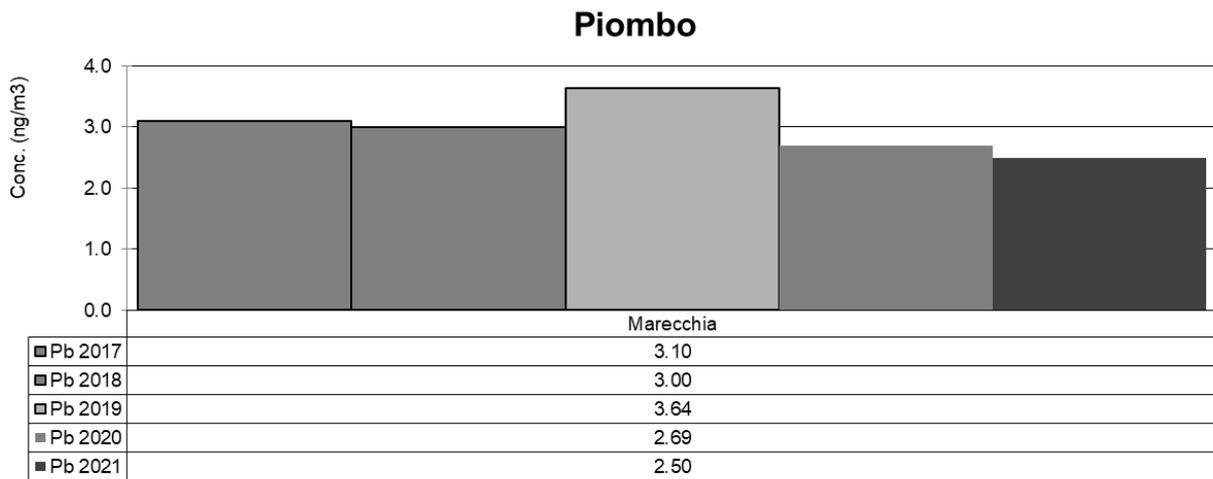
<i>Metallo</i>	<i>Ni</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>
Concentrazione (ng/m ³) ISS 2004	4,8	1,7	0,34	10
Concentrazione (ng/m ³) Bologna PM10	4,0	1,4	0,61	18
Concentrazione (ng/m ³) Rimini 2021	Min 0,8	Min 0,2	Min 0,0	Min 0,4
	Max 1,0	Max 0,3	Max 0,6	Max 4,6

Tabella 4.23 Confronto concentrazioni medie annuali in ng/m³ di alcuni metalli rilevate a Bologna (2004-2005), a Rimini (2021) dati ISS 2004

Seguono i grafici (Figura 4.36) delle concentrazioni medie annuali dal 2017 al 2021:

- la concentrazione di Piombo , negli ultimi 2 anni è in calo ;
- il Cadmio, negli ultimi 5 anni mantiene un trend stabile
- le concentrazioni di Nichel, nel 2020 e 2021 sono inferiori a quelle rilevate negli anni 2017-2019.
- le concentrazioni di Arsenico, nel 2021 confermano l'andamento in diminuzione, a partire dal 2017

In sintesi, nel 2021 i valori obiettivo (per Arsenico, Cadmio e Nichel) e il valore limite (per il Piombo) previsti dalla normativa sono ampiamente rispettati.



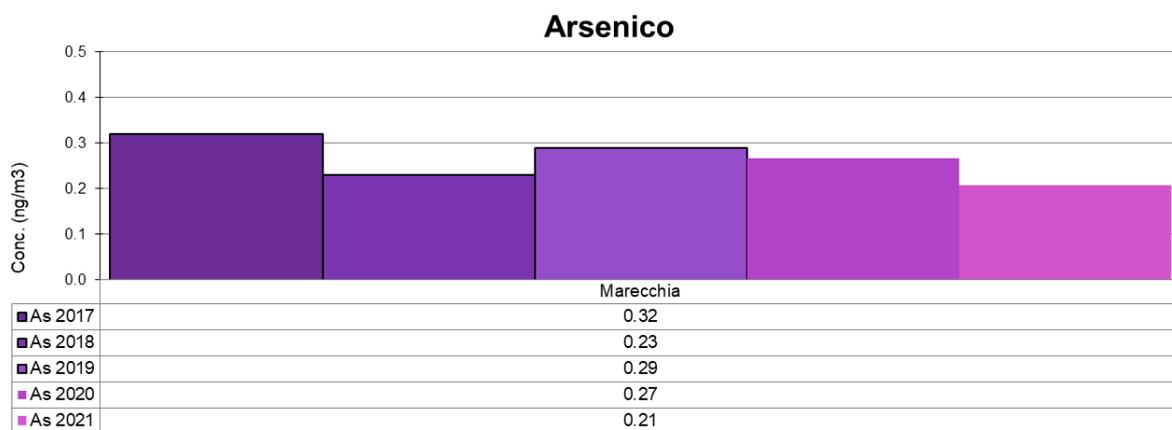
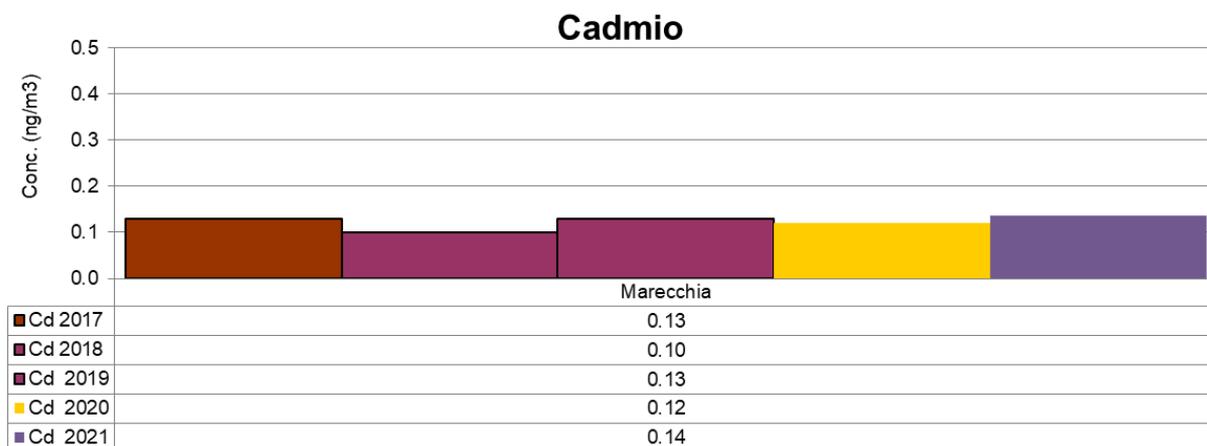


Figura 4.36 Andamento medie annuali di alcuni metalli nel particolato PM10