

# Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Ravenna

Anno 2020



Edizione Giugno 2021

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

Gestione monitor e postazioni

Deborah Valbonetti  
Maria Antonia Cavuoto

Analisi di laboratorio

Ivan Scaroni  
Michela Comandini  
Marilena Montalti  
Alberto Santolini  
Davide Verna

Elaborazione dati

Patrizia Luciali  
Elisa Pollini  
Deborah Valbonetti  
Maria Antonia Cavuoto

Redazione relazione

Patrizia Luciali  
Deborah Valbonetti  
Maria Antonia Cavuoto

*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**

Si ringrazia per la collaborazione all'elaborazione dei dati ed alla redazione della relazione la tirocinante in Scienze Ambientali Greta Bacchelli

Revisione 1: corretto grafico di pagina 92 - Figura 4.43c

# INDICE

	<b>Pag.</b>
<b>1 - IL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA</b>	<b>1</b>
1.1 Quadro normativo: limiti e valori di riferimento	1
1.2 Valori guida dell'OMS	4
1.3 Zonizzazione della Provincia di Ravenna	5
1.4 Limiti di quantificazione strumentali	6
<b>2 – LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA</b>	<b>7</b>
2.1 Riconfigurazione della Rete Regionale	7
2.2 Configurazione attuale della Rete Regionale	8
2.3 Stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria di Ravenna	10
2.4 Stazioni della Rete Locale Industriale di Ravenna	12
<b>3 - LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE NEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI RAVENNA</b>	<b>14</b>
3.1 Gli indicatori meteorologici per lo studio della qualità dell'aria	14
3.2 Andamento meteorologico del 2016 nella Provincia di Ravenna	15
3.2.1 Temperatura	15
3.2.2 Precipitazioni	16
3.2.3 Intensità e direzione del vento	17
<b>4 - VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI RAVENNA</b>	<b>18</b>
4.1 Biossido di Zolfo SO <sub>2</sub>	18
4.2 Biossido di Azoto NO <sub>2</sub> e Ossidi di Azoto NO <sub>x</sub>	21
4.3 Monossido di Carbonio CO	29
4.4 Ozono O <sub>3</sub>	32
4.5 Benzene C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	39
4.6 Toluene C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> e Xileni C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	44
4.7 Particolato PM10	48
4.8 Particolato PM2.5	54
4.9 Analisi sul particolato	60
4.9.1 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	61
4.9.1.1 IPA nel PM2,5 e rapporto PM10/PM2,5	65

<b>4.9.1.2 Rapporti diagnostici</b>	<b>67</b>
<b>4.9.2 Metalli</b>	<b>70</b>
<b>4.9.3 Diossine, Furani e Policlorobifenili</b>	<b>83</b>
<b>4.10 Deposizioni: Metalli, IPA, Diossine, Furani e Policlorobifenili</b>	<b>93</b>
<b>4.10.1 IPA</b>	<b>95</b>
<b>4.10.2 Metalli</b>	<b>97</b>
<b>4.10.3 PCB, Diossine, Furani</b>	<b>99</b>

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

## 1.1 – Quadro normativo: 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 poi 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:

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

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

<b>INQUINANTE</b>	<b>PERIODO DI MEDIAZIONE</b>	<b>Livelli critici per la vegetazione</b>	
<b>Biossido di zolfo</b>	Annuale	20	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Invernale (1 ott.- 31 mar.)	20	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>Ossidi di azoto (NOx)</b>	Annuo	30	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

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

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

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*<sup>(1)</sup> 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> <sup>(2)</sup>
<b>Protezione della salute umana</b>	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	<b>120 µg/m<sup>3</sup></b> da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni	<b>2013</b> (dati 2010 – 2012)
<b>Protezione della vegetazione</b>	AOT40 <sup>(1)</sup> Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	<b>18000 µg/m<sup>3</sup>h</b> come media su 5 anni	<b>2015</b> (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> <sup>(2)</sup>
<b>Protezione della salute umana</b>	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	<b>120 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Non definito</b>
<b>Protezione della vegetazione</b>	AOT40 <sup>(1)</sup> Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	<b>6000 µg/m<sup>3</sup>h</b>	<b>Non definito</b>

(1) AOT40 (espresso in µg/m<sup>3</sup>h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni > 80 µg/m<sup>3</sup> e 80 µg/m<sup>3</sup> 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>
<b>Informazione</b>	1 ora	<b>180 µg/m<sup>3</sup></b>
<b>Allarme</b>	1 ora <sup>(1)</sup>	<b>240 µg/m<sup>3</sup></b>

(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:

<sup>1</sup> 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, Arpa 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) per la concentrazione di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene nell'aria ambiente 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/m<sup>3</sup>) viene usato come *marker* per il rischio cancerogeno degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

<i>Inquinante</i>	<i>Parametro</i>	<i>Valori Obiettivo</i>
<b>Arsenico</b>	Tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	<b>6,0</b> ng/m <sup>3</sup>
<b>Cadmio</b>		<b>5,0</b> ng/m <sup>3</sup>
<b>Nichel</b>		<b>20,0</b> ng/m <sup>3</sup>
<b>Benzo(a)pirene</b>		<b>1,0</b> ng/m <sup>3</sup>

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

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

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

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

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

Tabella 1.7 – Cancerogenicità dei principali IPA.

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

Nel 2005 l'OMS ha aggiornato le linee guida per la qualità dell'aria in riferimento a: particolato (PM10 e PM2.5), ozono, biossido di azoto e biossido di zolfo. Le linee guida (edizione 2000 e 2005) riportano **valori guida**, cioè concentrazioni in aria di inquinanti, associate a tempi di esposizione, al di sotto delle quali non sono attesi effetti avversi per la salute, secondo le evidenze scientifiche disponibili.

Sostanza	Valore guida	Tempo di mediazione
<b>OMS – valori guida 2005</b>		
NO <sub>2</sub>	40 µg/m <sup>3</sup>	annuale
	200 µg/m <sup>3</sup>	1 ora
SO <sub>2</sub>	20 µg/m <sup>3</sup>	24 ore
	500 µg/m <sup>3</sup>	10 min
O <sub>3</sub>	100 µg/m <sup>3</sup>	8 ore
PM <sub>10</sub>	20 µg/m <sup>3</sup>	annuale
	50 µg/m <sup>3</sup>	24 ore
PM <sub>2.5</sub>	10 µg/m <sup>3</sup>	annuale
	25 µg/m <sup>3</sup>	24 ore
<b>OMS – valori guida 2000</b>		
CO	100 mg/m <sup>3</sup>	15 min
	60 mg/m <sup>3</sup>	30 min
	30 mg/m <sup>3</sup>	1 ora
	10 mg/m <sup>3</sup>	8 ore
Toluene	260 µg/m <sup>3</sup>	Media settimanale
Xileni	4800 µg/m <sup>3</sup>	Media su 24 ore

Tabella 1.8 - Valori guida della qualità dell'aria indicati dall'OMS (edizione 2000 e 2005) ([http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf)) Solo per gli Xileni il riferimento è WHO: Xylenes, Environmental Health Criteria 190, World Health Organization, Geneva, CH, 1997

Sempre l'OMS, per alcuni inquinanti atmosferici ad azione cancerogena (Tabella 1.9), fornisce invece un calcolo di *indice di rischio unitario* per la popolazione, associato alla loro presenza

nell'aria. La stima dell'incremento di *rischio unitario (U.R.)* è intesa come il rischio addizionale di cancro che può verificarsi in una ipotetica popolazione nella quale tutti gli individui siano continuamente esposti, dalla nascita e per tutto l'intero tempo di vita, ad una concentrazione dell'agente di rischio nell'aria che essi respirano pari ad  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

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

Tabella 1.9 Indice di rischio unitario (OMS)

### 1.3 - Zonizzazione della Regione Emilia Romagna e della Provincia di Ravenna

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).

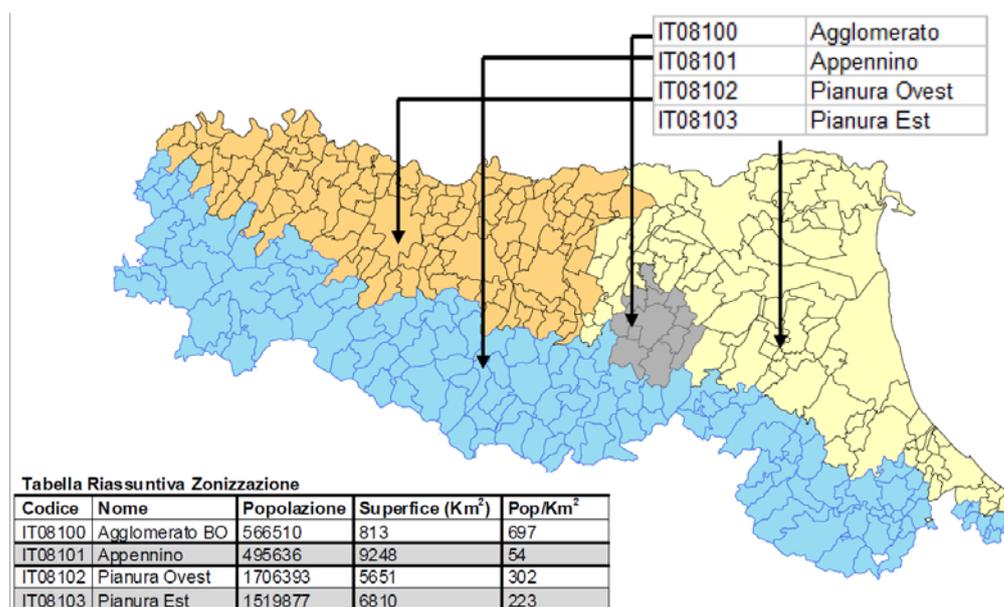


Figura 1.1 – Zonizzazione regionale (DLgs 155/2010 e DGR 2001/2011)

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

<b>ZONA Pianura EST</b>	Alfonsine, Bagnacavallo, Bagnara di Romagna, Castel Bolognese, Cervia, Conselice, Cotignola, Faenza, Fusignano, Lugo, Massa Lombarda, Ravenna, Russi, Sant'Agata sul Santerno, Solarolo
<b>ZONA Appennino</b>	Brisighella, Casola Val Senio, Riolo Terme

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

La Regione ha quindi il compito di effettuare la *valutazione della qualità dell'aria ambiente* (DLvo 155/10 art. 5, Allegato II, Appendice II e Appendice III) e predispone un *piano di qualità dell'aria* con 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.

## 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>
<b>NO<sub>2</sub></b>	8	µg/m <sup>3</sup>	<8
<b>SO<sub>2</sub></b>	10	µg/m <sup>3</sup>	<10
<b>O<sub>3</sub></b>	8	µg/m <sup>3</sup>	<8
<b>PM<sub>10</sub></b>	3	µg/m <sup>3</sup>	<3
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	3	µg/m <sup>3</sup>	<3
<b>CO</b>	0,4	mg/m <sup>3</sup>	<0,4
<b>Benzene</b>	0,1	µg/m <sup>3</sup>	<0,1

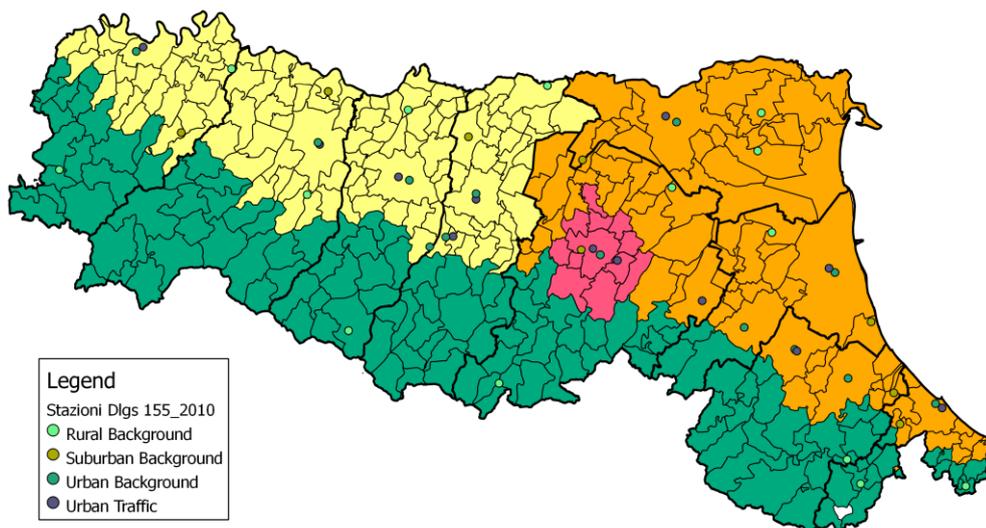
## 2. LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

### 2.1 – Riconfigurazione della Rete Regionale

La Regione Emilia Romagna ha iniziato nel 2005 una prima modifica della struttura della Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA), terminata nella Provincia di Ravenna nel 2009. A questa è seguita una seconda revisione, avutasi a seguito della nuova zonizzazione regionale deliberata a fine 2011, e conclusasi a dicembre 2012 e quindi operativa dal 2013 – per rendere conforme la rete ai nuovi requisiti normativi nazionali e regionali (DLgs 155/2010 e DGR 2001/2011). La diversa suddivisione del territorio regionale in zone omogenee dal punto di vista della qualità dell'aria, ha richiesto anche un nuovo assetto della rete regionale di controllo della qualità dell'aria, che ha portato ad una ridefinizione della rete regionale, attualmente composta da 47 stazioni di misura (Fig.2.1), rispetto alle 63 precedentemente in funzione.

I punti di campionamento individuati sono finalizzati alla verifica del 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 nella rete  
regionale**

(DLgs 155/2010 e  
DGR 2001/2011)

## 2.2 - Configurazione attuale della Rete di Ravenna

A Ravenna sono presenti 5 stazioni e della Rete Regionale di rilevamento della qualità dell'aria (RRQA) e due stazioni Locali - Rocca Brancaleone e Porto San Vitale – che hanno lo scopo di controllare e verificare gli impatti riconducibili prevalentemente all'area industriale/portuale. 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.

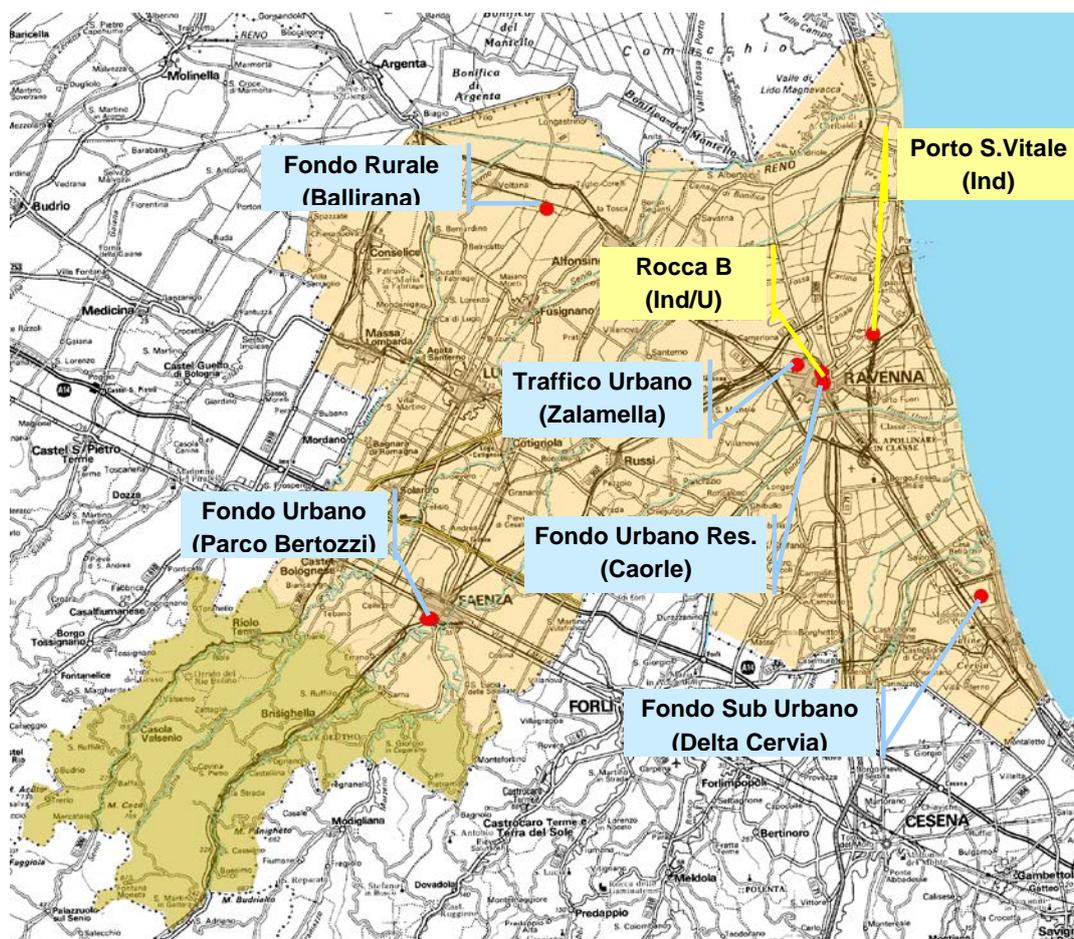


Figura 2.2 - Ravenna - Distribuzione spaziale delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria

Nella rete afferente alla provincia di Ravenna le stazioni sono tutte collocate in ZONA PIANURA EST, mentre la ZONA APPENNINO - in cui non si prevedono superamenti degli standard di qualità dell'aria e il monitoraggio è finalizzato alla verifica del mantenimento delle condizioni ambientali in essere - viene monitorata con la vicina stazione di Savignano di Rigo a Sogliano al Rubicone (fondo remoto) appartenente alla rete della provincia Forlì-Cesena e con rilevazioni periodiche effettuate con il laboratorio mobile.

Zona	Comune	Stazione	Tipo	Zona + Tipo	Inquinanti misurati							
					PM10	PM2.5	NOx	CO	BTX	SO2	O3	
	Alfonsine	Ballirana		<i>FRu</i>								
	Cervia	Delta Cervia		<i>FSubU</i>								
	Faenza	Parco Bertozzii		<i>FU</i>								
	Ravenna	Caorle		<i>FU-Res</i>								
	Ravenna	Zalamella		<i>TU</i>								
	Ravenna	Rocca Brancaleone		<i>Ind-U</i>								
	Ravenna	Porto San Vitale		<i>Ind</i>								

**Legenda**

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

**Tabella 2.1 – Configurazione della RRQA di Ravenna al 31/12/2020**

Sempre a Ravenna, in prossimità della zona industriale, sono presenti sei stazioni fisse gestite dalla Società RSI per conto di un consorzio a cui partecipano numerose industrie del polo industriale. I dati rilevati dalla rete privata sono inviati al centro di calcolo della Sezione Arpa di Ravenna, ma la gestione e la validazione dei dati è effettuata dal gestore.

In tabella 2.2 è riportata la dotazione strumentale della rete privata:

Stazione	NOx	O3	SO2	PM10	PM 2.5	BTX
Germani	X		X	X	X	
Marani	X		X	X	X	X
AGIP 29				X	X	
Marina di Ravenna	X	X				
Zorabini	X	X	X			
Sant'Alberto	X					

**Tabella 2.2 - Dotazione strumentale (inquinanti monitorati) nelle stazioni della rete privata (2020)**

Nei capitoli successivi sono riportate esclusivamente le elaborazioni statistiche dei dati rilevati dalla RRQA e dalle stazioni Locali.

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

Si riportano le schede, con la documentazione fotografica e la localizzazione, delle stazioni di monitoraggio della rete pubblica nella configurazione 2020.

<b>Stazione:</b>	<b>Ballirana (Alfonsine)</b>	<b>Zona :</b>	<b>Agglomerato Pianura Est</b>
			
<b>Tipo Stazione:</b>	<b>Fondo Rurale</b>	<b>Coordinate geografiche:</b>	
<b>Inquinanti:</b>	<b>PM<sub>2,5</sub> - NO<sub>x</sub> - O<sub>3</sub></b>	UTM32	X: 736992      Y: 934882

<b>Stazione:</b>	<b>Delta Cervia (Cervia)</b>	<b>Zona :</b>	<b>Agglomerato Pianura Est</b>
			
<b>Tipo Stazione:</b>	<b>Fondo SubUrbano</b>	<b>Coordinate geografiche:</b>	
<b>Inquinanti:</b>	<b>PM<sub>10</sub> - NO<sub>x</sub> - O<sub>3</sub></b>	UTM32	X: 765899      Y: 908893

**Stazione:** **Zalamella (Ravenna)**

**Zona :** **Agglomerato Pianura Est**



**Tipo Stazione:** **Trafico Urbano**

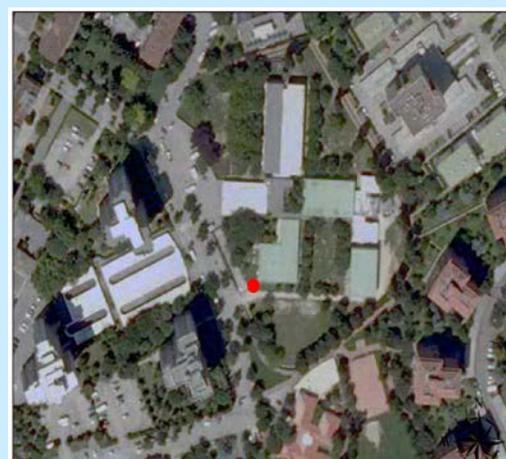
**Coordinate geografiche:**

**Inquinanti:** **PM<sub>10</sub> - NO<sub>x</sub> - CO - BTX**

UTM32: X: 753646 Y: 924418

**Stazione:** **Caorle (Ravenna)**

**Zona :** **Agglomerato Pianura Est**



**Tipo Stazione:** **Fondo Urbano Residenz.**

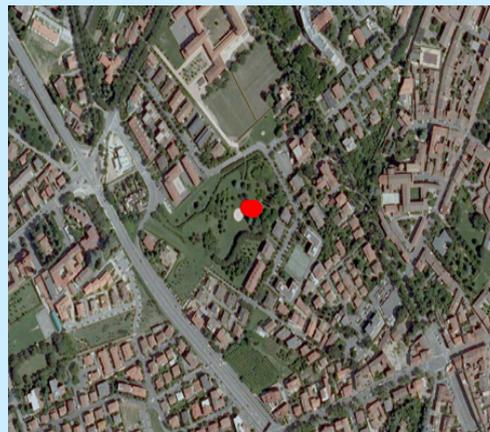
**Coordinate geografiche:**

**Inquinanti:** **PM<sub>10</sub> PM<sub>2,5</sub>- NO<sub>x</sub> - O<sub>3</sub> - SO<sub>2</sub>**

UTM32: X: 756779 Y: 923593

**Stazione:** *Parco Bertozzi (Faenza)*

**Zona :** *Agglomerato Pianura Est*



**Tipo Stazione:** **Fondo Urbano**

**Coordinate geografiche:**

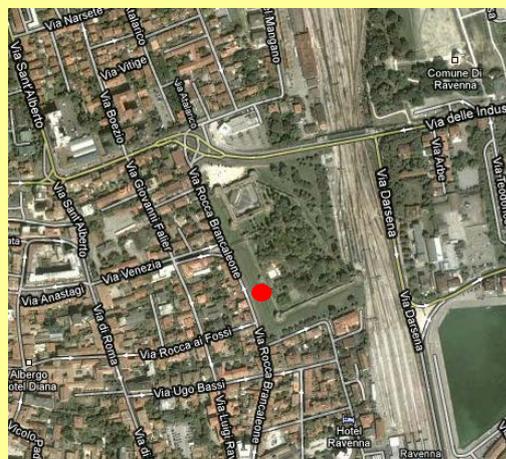
**Inquinanti:** **PM<sub>10</sub> – PM<sub>2.5</sub> – NO<sub>x</sub> – O<sub>3</sub>**

UTM32 X: 729277 Y: 9007702

## 2.4 – Stazioni della Rete Locale industriale di Ravenna

**Stazione:***Rocca Brancaleone (Ravenna)*

**Stazione locale industriale**



**Tipo Stazione:** **Industriale / Urbana**

**Coordinate geografiche:**

**Inquinanti:** **PM<sub>10</sub> - NO<sub>x</sub> - SO<sub>2</sub>- CO - O<sub>3</sub>**

UTM32 X: 755267 Y: 923906

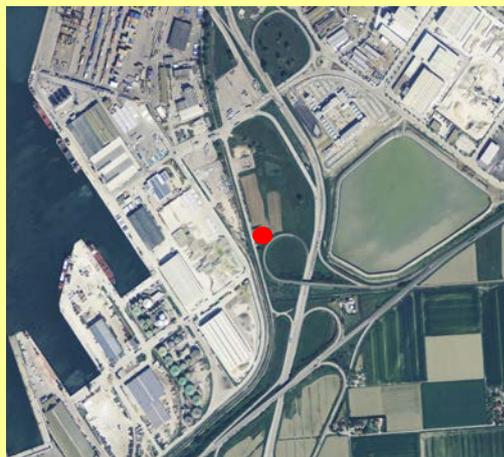
**Stazione: Porto San Vitale (Ravenna)**



**Tipo Stazione: Industriale**

**Inquinanti: PM<sub>10</sub> – PM<sub>2,5</sub> - NO<sub>x</sub> - SO<sub>2</sub>- CO - O<sub>3</sub> - BTX**

**Stazione locale industriale**



**Coordinate geografiche:**

UTM32 X: 758889 Y: 926401

Dal 2014 il monitoraggio della qualità dell'aria nell'area portuale viene effettuato utilizzando la nuova stazione locale denominata "Porto San Vitale". Dotata di strumenti in grado di misurare tutti gli inquinanti previsti dall'attuale normativa, è situata a circa 200 metri dalla postazione "SAPIR" che, dopo 23 anni di onorato servizio, nel 2014 è stata dimessa.

### 3 - LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE NEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI RAVENNA

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

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

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

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

Di seguito si riportano le elaborazioni, relative alla Provincia di Ravenna, effettuate utilizzando i dati di quattro stazioni meteorologiche rappresentative del territorio provinciale: una stazione in area urbana (Ravenna), una in area collinare (Brisighella), una nell'entroterra faentino (Granarolo Faentino) ed infine una nell'area portuale/industriale di Ravenna (Porto San Vitale) (Fig.3.1). I dati delle prime tre stazioni sopra elencate, sono gestiti dal servizio idro-meteo-clima di Arpae, mentre i dati del Porto San Vitale, essendo una stazione locale delle Rete di Monitoraggio della Qualità dell'Aria, sono gestiti dal servizio sistemi ambientali di Ravenna.

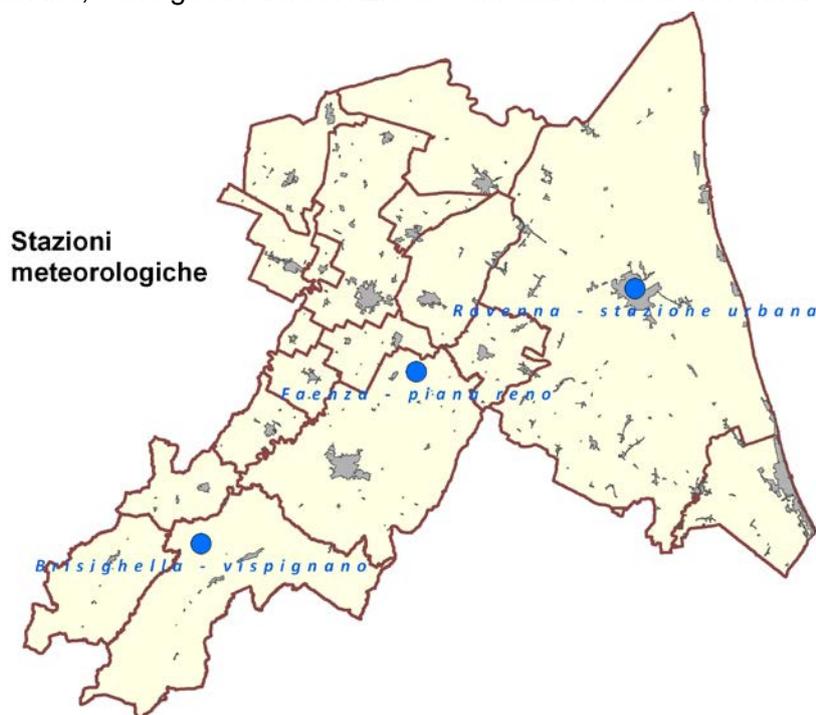


Figura 3.1 - Dislocazione delle stazioni meteorologiche

## 3.2 - Andamento meteorologico del 2020 nella Provincia di Ravenna

### 3.2.1 – Temperatura

In figura 3.2 sono riportate le temperature medie, minime e massime mensili per l'anno 2020 misurate nelle stazioni di Ravenna e Faenza.

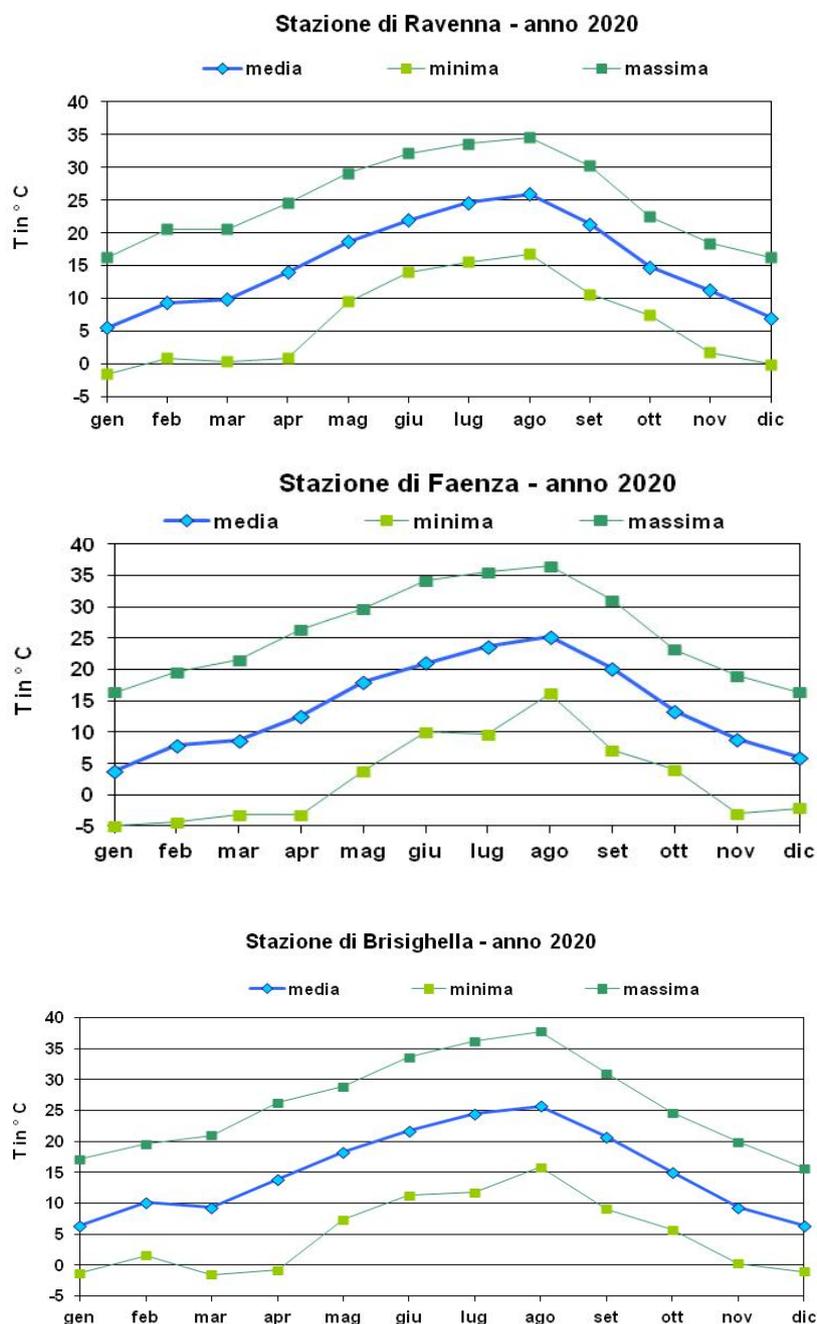


Figura 3.2  
Medie, minimi e massimi mensili delle temperature – Anno 2020

Il 2020 è stato caratterizzato da temperature minime piuttosto rigide, anche inferiori a 0°C fino al mese di aprile, e da temperature massime elevate (sui 35°C), in linea con l'anno precedente, e del tutto comparabili nel trimestre estivo. Questo andamento delle temperature rilevate è simile in tutte le stazioni, ma con variazioni più marcate, fra le minime e le massime, nell'entroterra rispetto alla stazione di Ravenna, che risente maggiormente dell'azione mitigatrice del mare.

### 3.2.2 – Precipitazioni

In figura 3.3 sono rappresentate la precipitazione cumulata mensile ed il numero di giorni con precipitazione superiore a 0,3 mm (limite di significatività) nelle tre stazioni meteorologiche e presso la stazione della qualità dell'aria di Porto San Vitale.

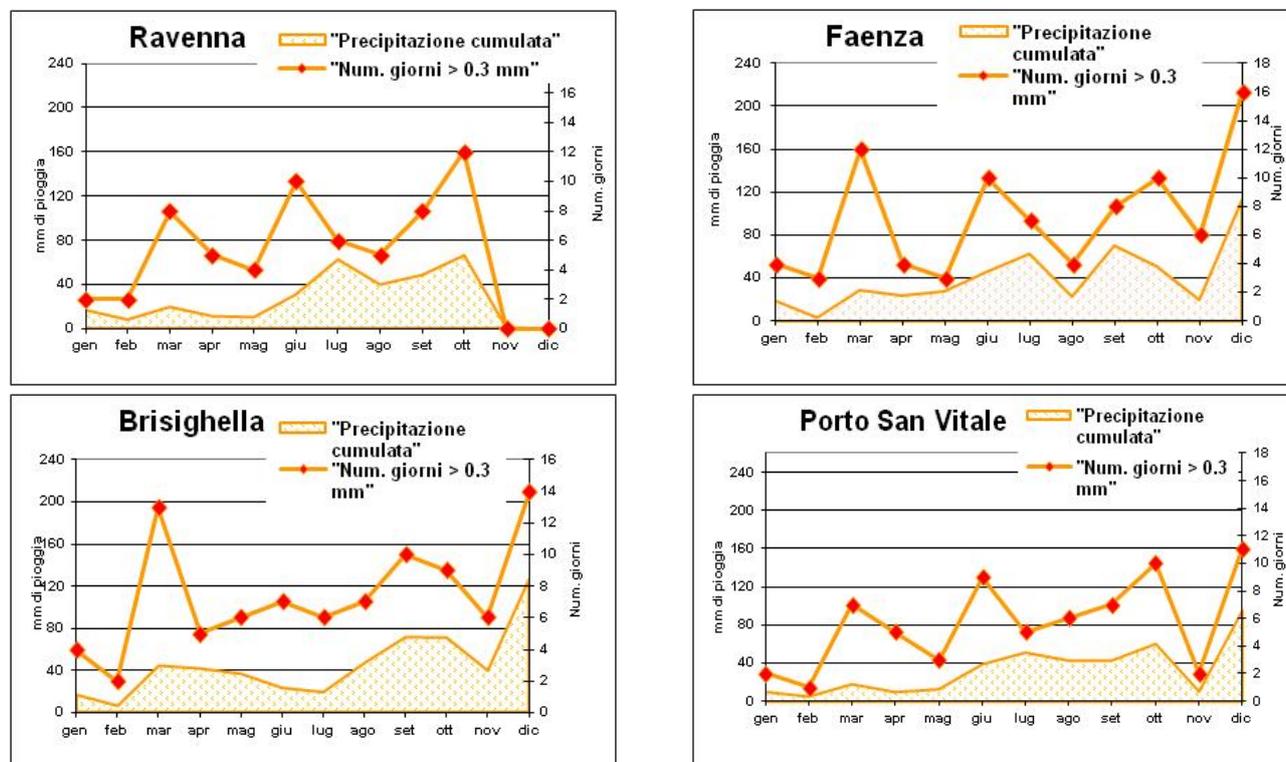


Figura 3.3

Precipitazione cumulata mensile e numero di giorni con precipitazione superiore a 0,3 mm – Anno 2020

Gli andamenti delle precipitazioni sono molto simili sul territorio provinciale: il mese più piovoso è stato dicembre, con 120 mm di pioggia caduta nella stazione di Brisighella e altrettanto a Faenza. Il mese di febbraio, è stato il mese più secco, ed ha fatto registrare il minimo di precipitazione in tutte le stazioni ad eccezione di quelle di Ravenna nella quale si sono registrati valori minimi nei mesi di novembre e dicembre. Nel 2019 il mese più piovoso era stato febbraio, con valori maggiori rispetto il 2020. In generale il 2020 è stato un anno più piovoso rispetto al precedente, confermato dall'andamento del numero di giorni di precipitazioni superiori a 0,3 mm in tutte le stazioni. A Porto San Vitale le precipitazioni cumulate misurate sono significativamente inferiori rispetto alle altre stazioni ma si sono registrate precipitazioni maggiori di 0,3 mm nei mesi di marzo, giugno e dicembre.

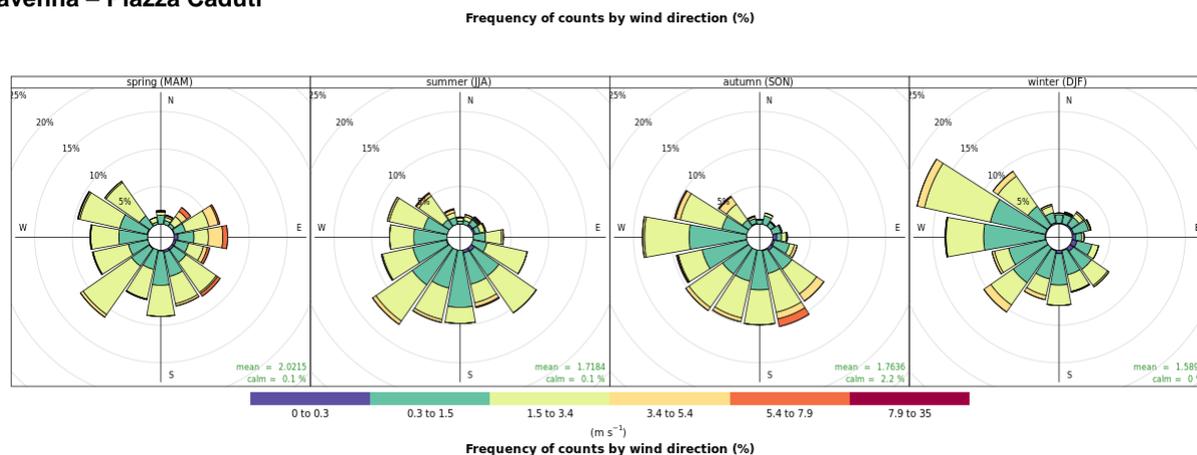
### 3.2.3 – Intensità e direzione del vento

In Figura 3.4 sono rappresentate le rose dei venti stagionali, in termini di direzione ed intensità, relative alle stazioni di Ravenna (Piazza Caduti), Granarolo Faentino e Porto San Vitale.

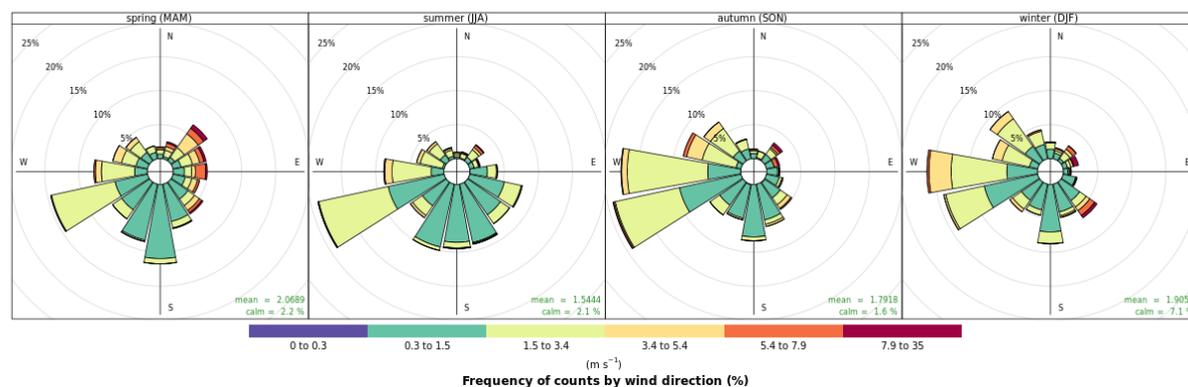
Le rose dei venti del 2020 sono state calcolate dai dati elaborati dal servizio Idro Meteo Clima di Arpae e dai dati raccolti dalla stazione di Porto San Vitale.

Per le tre stazioni si evince che durante la stagione invernale ed autunnale, prevalgono i venti occidentali, mentre per la stagione primavera – estate, risulta evidente l'influenza delle brezze di mare di direzione E-SE.

#### Ravenna – Piazza Caduti



#### Ravenna – Porto San Vitale



#### Granarolo Faentino

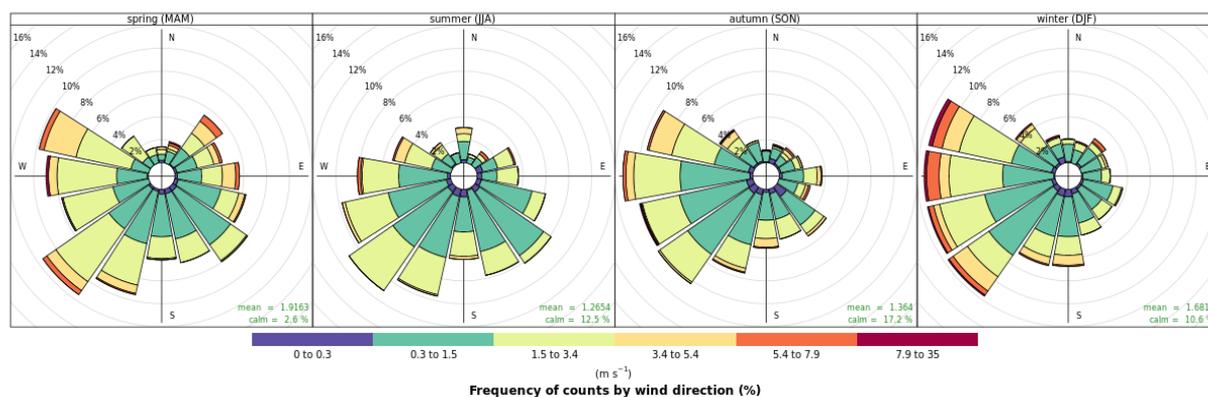


Figura 3.4 - Rosa dei venti stagionale delle stazioni di Ravenna, Porto San Vitale e Granarolo faentino – Anno 2020

## 4 - VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI RAVENNA

### 4.1 Biossido di Zolfo SO<sub>2</sub>

*Il biossido di zolfo è il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono. Nell'atmosfera l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) è ossidata ad anidride solforica (SO<sub>3</sub>).*

*E' un gas incolore, dall'odore acre e pungente, irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie.*

*In atmosfera, attraverso le reazioni con l'ossigeno e l'acqua, contribuisce alla formazione delle piogge acide provocando effetti tossici sui vegetali, acidificazione dei corpi idrici ed effetti corrosivi su materiali da costruzione, in particolare sui monumenti. Le emissioni antropiche derivano prevalentemente dall'utilizzo di combustibili solidi e liquidi contenenti zolfo, ad esempio gasolio, nafta, carbone, legna e altro. Fino a qualche decennio fa anche a livello locale la misura di SO<sub>2</sub> costituiva il principale indicatore dell'inquinamento di origine antropica.*

*Negli ultimi anni le concentrazioni sono notevolmente diminuite e quasi sempre risultano inferiori al limite di quantificazione strumentale, tanto è vero che è stato deciso di effettuare la rilevazione di questo inquinante – livello regionale – in una unica area, Ravenna, dove è presente un importante polo industriale, con numerose potenziali fonti di emissione di tale inquinante, e un importante porto commerciale che contribuisce, con le emissioni navali, alle concentrazioni diffuse di questo gas.*

#### Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di biossido di Zolfo (SO <sub>2</sub> )	2010 - 2020		

Il biossido di zolfo viene misurato nella stazione di Fondo Urbano di Caorle e nelle stazioni Locali di Rocca Brancaleone e Porto San Vitale,.

Le concentrazioni di biossido di zolfo rilevate nel 2020, così come da diversi anni, sono molto contenute (meno del 3% dei dati supera il limite di quantificazione strumentale, pari a 10 µg/m<sup>3</sup>), e i livelli sono notevolmente inferiori rispetto a quelli stabiliti dalla normativa vigente.

Così il rispetto dei limiti non rappresenta più un problema per l'area di Ravenna e già da un ventennio (dal 1999) non si verificano superamenti dei limiti di legge.

Anche il valore normativo più restrittivo previsto per questo inquinante (20 µg/m<sup>3</sup>)<sup>1</sup> non è stato raggiunto da almeno quattordici anni in nessuna postazione.

<sup>1</sup> **Livello critico invernale per la protezione della vegetazione:** è calcolato come media dei dati orari rilevati dal 1° ottobre al 31 marzo e non deve superare i 20 µg/m<sup>3</sup>

<b>SO<sub>2</sub> [L.Q. = 10 µg/m<sup>3</sup>]</b>				<b>Concentrazioni in µg/m<sup>3</sup></b>		<b>Limiti normativi</b>			
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza %	Minimo	Massimo	20 µg/m <sup>3</sup>		Max 24	Max 3
						Media anno	Media inverno	N° Sup. 350 µg/m <sup>3</sup> orari	N° Sup. 125 µg/m <sup>3</sup> gg
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	97	< 10	36	< 10	< 10	0	0
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	99	< 10	53	< 10	< 10	0	0
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	< 10	71	< 10	< 10	0	0

Tabella 4.1 – SO<sub>2</sub>: Parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme (concentrazioni espresse in µg/m<sup>3</sup>)

L'andamento delle concentrazioni dal 2010 al 2020, riportato in Tabella 4.2 e nelle Figure 4.1 e 4.2, conferma i valori contenuti sopracitati (inferiori al limite di quantificazione della strumentazione fissato a 10 µg/m<sup>3</sup>).

Tabella 4.2 - Andamento temporale di SO<sub>2</sub> dal 2010 al 2020 (concentrazioni espresse in µg/m<sup>3</sup>)

**Stazione: Caorle**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media annuale	5	3	3	5	4	4	2	3	3	1	2
Media inverno	3	3	5	3	5	2	2	3	2	1	1
50°Percentile	4	3	3	5	3	4	1	2	2	0	1
90°Percentile	-	-	-	-	8	9	8	6	7	2	6
95°Percentile	-	-	-	-	10	10	12	8	9	3	8
98°Percentile	12	7	8	11	13	11	19	9	10	5	9
Max	61	44	37	40	45	44	28	73	32	32	36
> 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	99	97	99	97	95	98	93	96	98	97

**Stazione: Rocca Brancaleone**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	3	4	4	6	6	5	2	3	2	3	2
Media inverno	4	5	6	7	7	5	3	3	4	3	2
50°Percentile	3	4	3	6	5	4	0	3	2	3	1
90°Percentile	-	-	-	-	10	11	7	6	5	6	7
95°Percentile	-	-	-	-	11	13	9	7	6	8	8
98°Percentile	8	11	12	13	13	16	11	10	9	9	10
Max	36	60	41	43	74	32	53	56	46	45	53
> 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	98	98	98	99	95	94	96	100	99	96	99

Stazione: SAPIR (fino al 2013) e Porto San Vitale (dal 2014)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	7	7	4	4	5	5	4	4	4	4	4
Media inverno	6	9	5	6	6	4	6	4	4	4	3
50°Percentile	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3
90°Percentile	-	-	-	-	8	8	8	7	8	8	7
95°Percentile	-	-	-	-	12	11	12	10	10	10	9
98°Percentile	32	40	25	22	19	15	19	16	17	13	11
Max	93	183	180	63	111	61	72	70	65	72	71
> 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	98	94	93	93	96	98	98	99	99	99

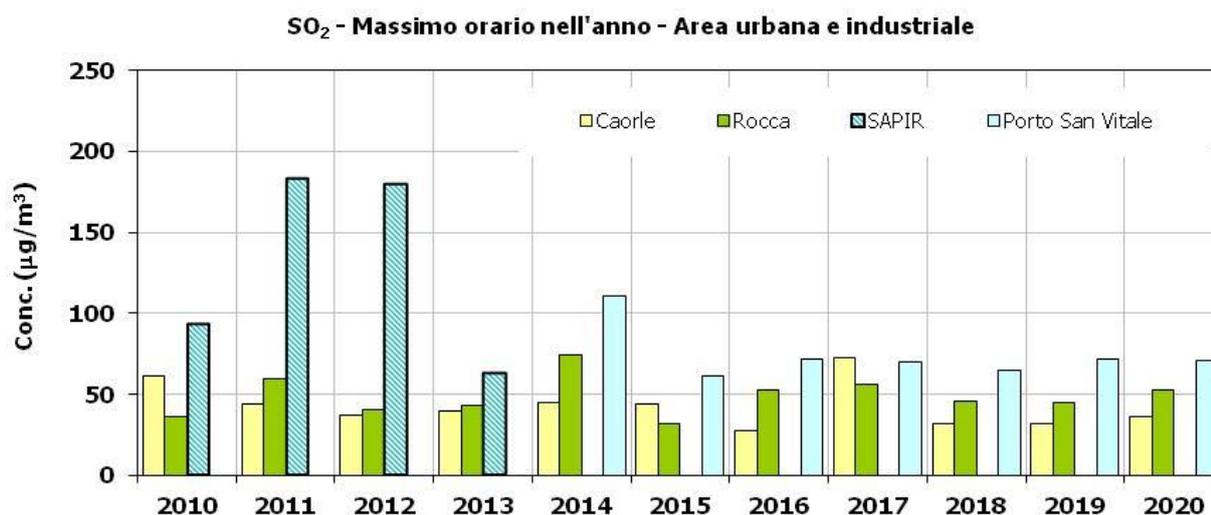


Figura 4.1 - Massimo orario - Area urbana e industriale di Ravenna

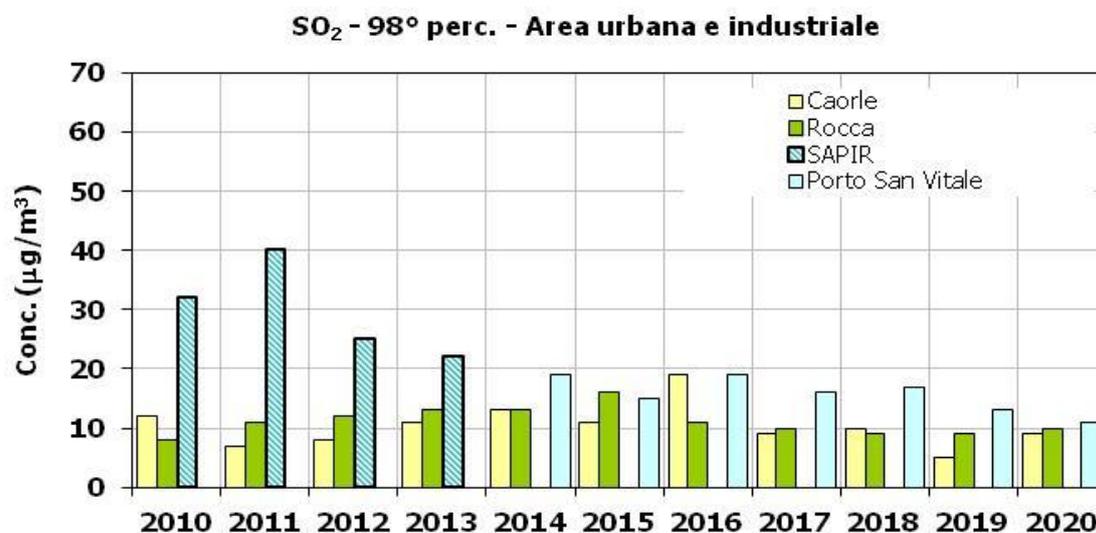


Figura 4.2 - 98° percentile medie orarie - Area urbana e industriale di Ravenna

## 4.2 Biossido di Azoto NO<sub>2</sub> e Ossidi di Azoto NO<sub>x</sub>

Con il termine ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) 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 (NO<sub>2</sub>). 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 NO<sub>2</sub>, gas di colore rosso-bruno, caratterizzato da un odore acre e pungente. Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) 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 <sub>2</sub> )	2010 – 2020		
Superamenti dei limiti di legge per il biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )	2010 - 2020		

Il biossido di azoto, inquinante che ha anche importanti interazioni sul ciclo di formazione del particolato e dell'ozono (O<sub>3</sub>), viene misurato in tutte le stazioni della Rete (comprese quelle Locali). Il valore limite orario e della media annuale (40 µg/m<sup>3</sup>) è rispettato in tutte le stazioni della rete dal 2010.

E' comunque importante mantenere alta l'attenzione su questo inquinante, sia perché l'NO<sub>x</sub> è uno dei precursori del particolato secondario e del O<sub>3</sub>, sia per le criticità ancora riscontrate a livello regionale, in particolare, nelle concentrazioni medie annuali.

<b>NO<sub>2</sub> [L.Q. = 8 µg/m<sup>3</sup>]</b>				<b>Concentrazioni in µg/m<sup>3</sup></b>		<b>Limiti Normativi</b>		<b>Riferimenti OMS</b>
<b>Stazione</b>	<b>Comune</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Efficienza %</b>	<b>Minimo</b>	<b>Massimo</b>	<b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Max 18</b>	<b>200 µg/m<sup>3</sup></b>
						<b>Media anno</b>	<b>N° Sup. 200 µg/m<sup>3</sup> h</b>	<b>Max orario</b>
<b>Ballirana</b>	Alfonsine	Fondo Rurale	98	< 8	61	13	0	61
<b>Delta Cervia</b>	Cervia	Fondo Sub-urb	98	< 8	70	11	0	70
<b>Parco Bertozzi</b>	Faenza	Fondo Urbano	100	< 8	76	14	0	76
<b>Caorle</b>	Ravenna	Fondo Urbano Res	99	< 8	82	18	0	82
<b>Zalamella</b>	Ravenna	Traffico	97	< 8	103	28	0	103
<b>Rocca Brancaleone</b>	Ravenna	<b>Locale Ind/Urbano</b>	99	< 8	102	20	0	102
<b>Porto San Vitale</b>	Ravenna	<b>Locale Industriale</b>	99	< 8	67	20	0	67

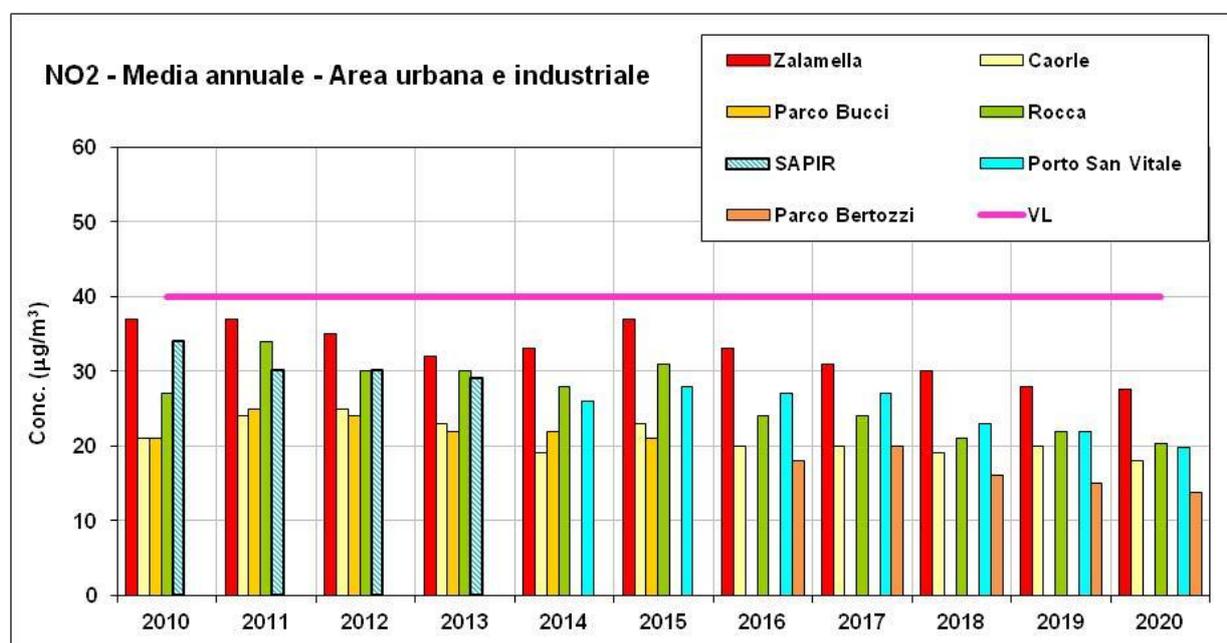
Tabella 4.3 – NO<sub>2</sub>: Parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

I limiti di lungo (media annuale) e di breve periodo (massimo della media oraria) del biossido di azoto nell'anno 2020 sono stati rispettati in tutte le stazioni della Rete Regionale e della Rete Locale di Ravenna.

La media annuale più elevata (28 µg/m<sup>3</sup>) è stata rilevata nella stazione di traffico (Zalamella), dove si è registrato anche il massimo orario più alto (103 µg/m<sup>3</sup>).

Nel grafico di Figura 4.3 sono rappresentate le concentrazioni medie annue di NO<sub>2</sub> confrontate con il valore limite (linea rossa): dal 2015 si ha un trend in diminuzione della media annuale in tutte le stazioni, accentuatosi a partire dal 2017.

Le concentrazioni medie misurate nel 2020, in alcuni casi inferiori rispetto agli anni precedenti, possono essere state influenzate anche dalle limitazioni imposte dalla pandemia covid19.



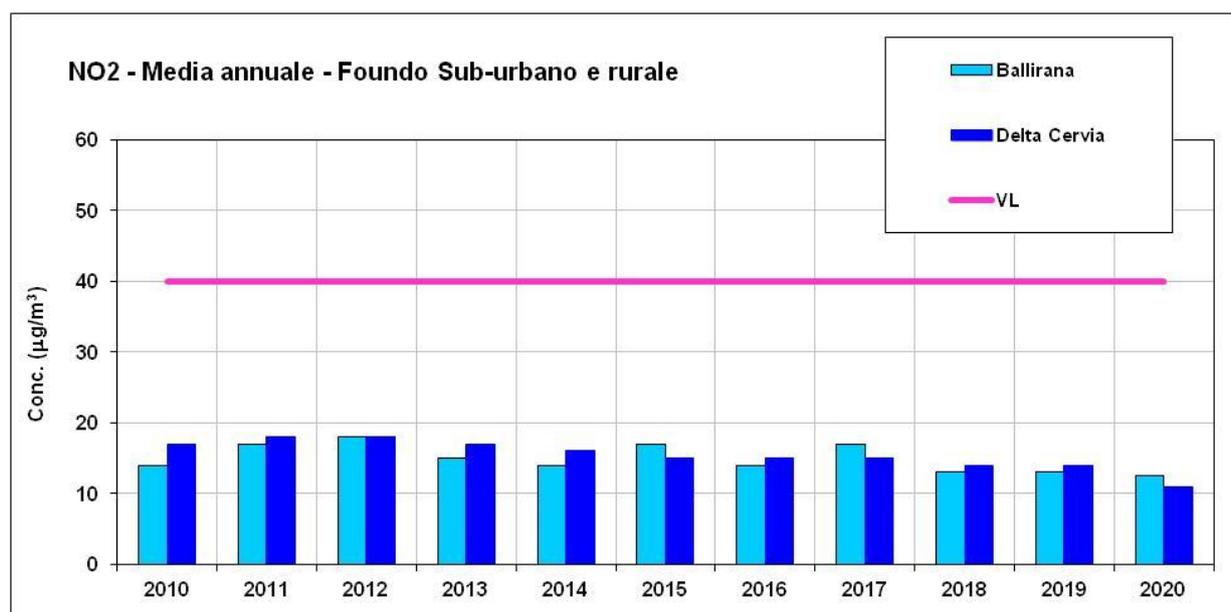


Figura 4.3 – Medie annuali - Area urbana e industriale di Ravenna

Nelle Figure 4.4 e 4.5 sono riportate le concentrazioni medie mensili del 2020 per le stazioni in area urbana ed industriale (Figura 4.4) e per le stazioni di fondo sub urbano e rurale (Figura 4.5). L'andamento è simile in tutte le stazioni: le concentrazioni più alte si rilevano nei mesi invernali. Da notare, però, come le medie mensili più basse, nel 2020, non si siano misurate in estate (giugno-luglio-agosto) ma nei mesi di marzo, aprile e maggio, durante il "lockdown".

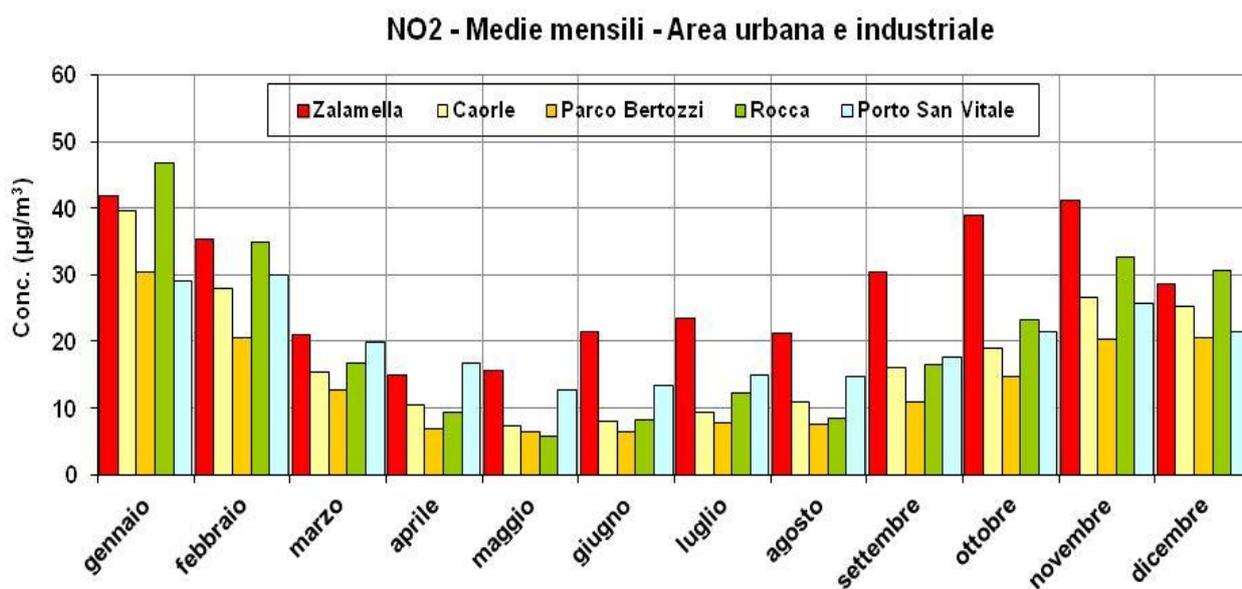


Figura 4.4 Medie Mensili - Area urbana e Industriale

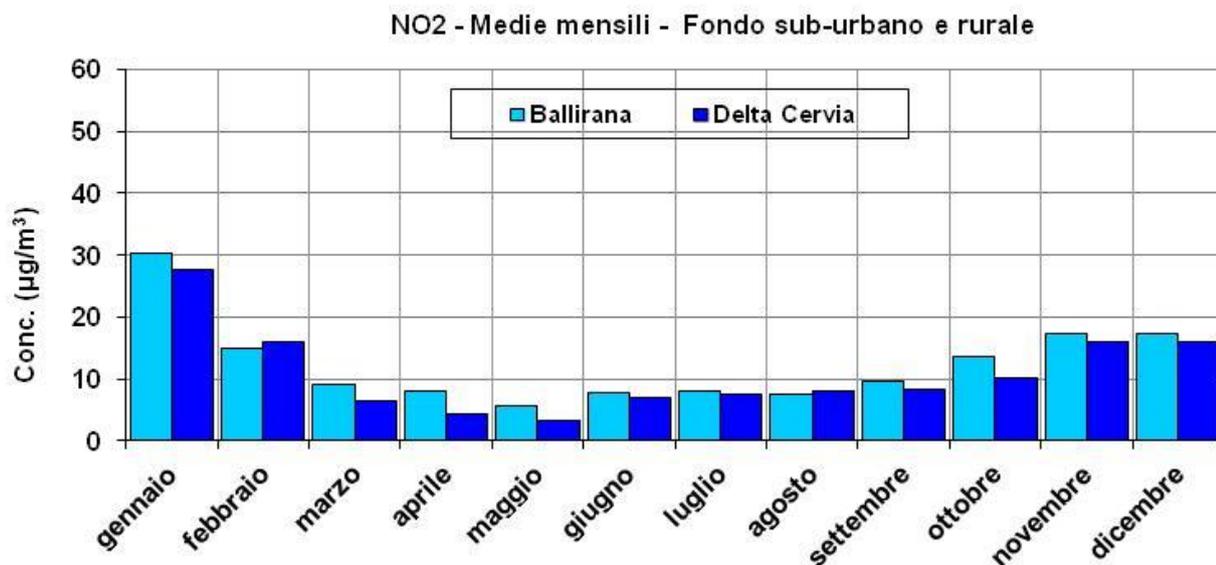
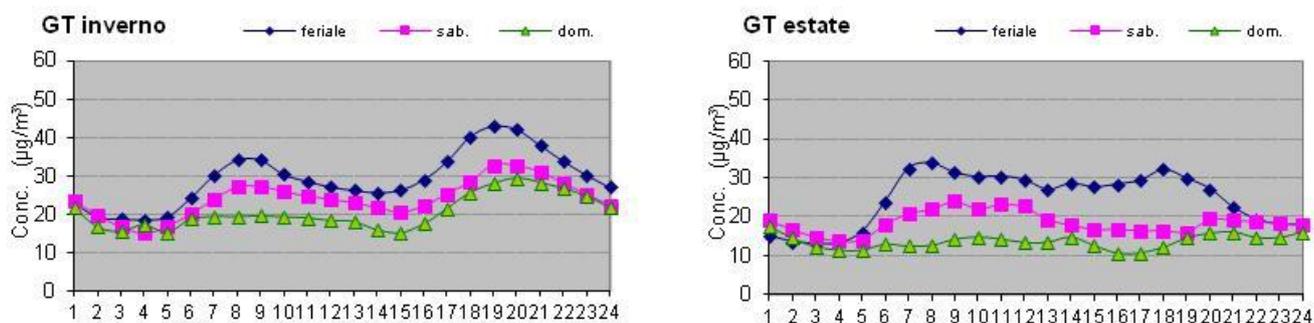


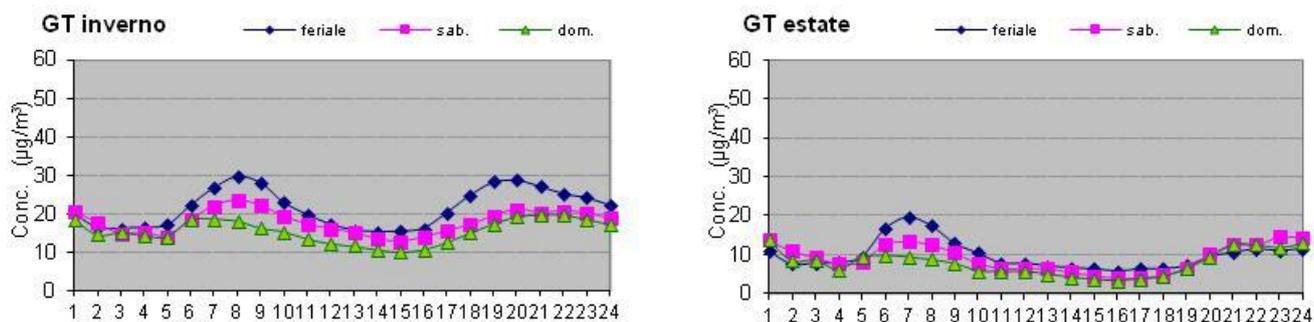
Figura 4.5 Medie Mensili – Fondo Sub-urbano e Rurale

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

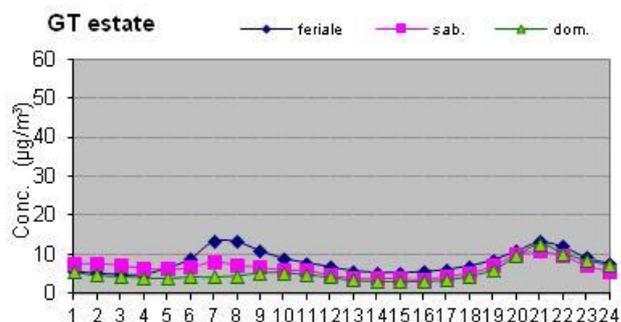
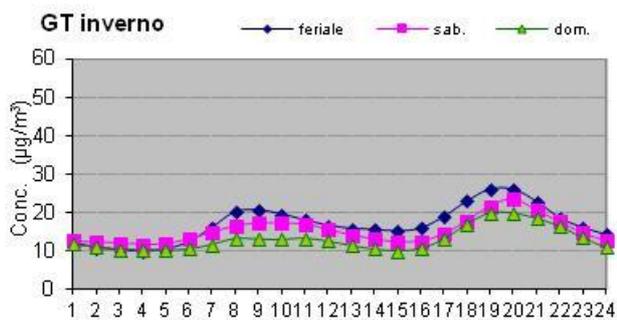
Il GT è calcolato effettuando la media dei dati rilevati alla stessa ora del giorno, in un determinato periodo, per tutte le 24 ore della giornata: rappresenta quindi un ipotetico giorno "medio" che permette di evidenziare situazioni di concentrazione dell'inquinante ricorrenti e minimizzare le fluttuazioni casuali. I grafici che seguono (Figura 4.6) sono relativi al GT dell'NO<sub>2</sub> del semestre estivo e del semestre invernale, distinguendo i giorni feriali, prefestivi e festivi.



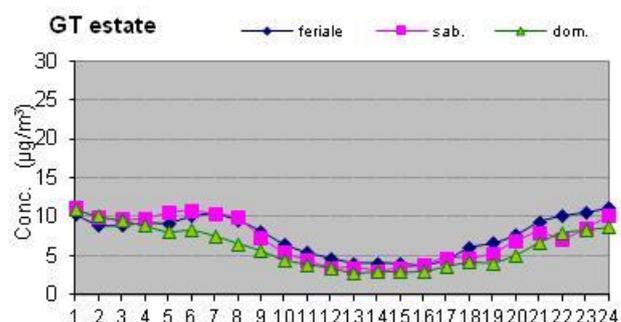
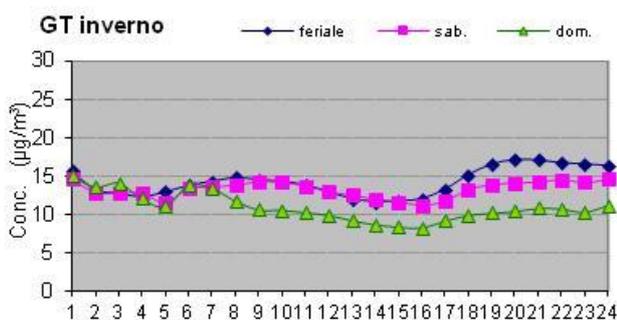
**Zalamella – Traffico Urbano (TU) – Area urbana**



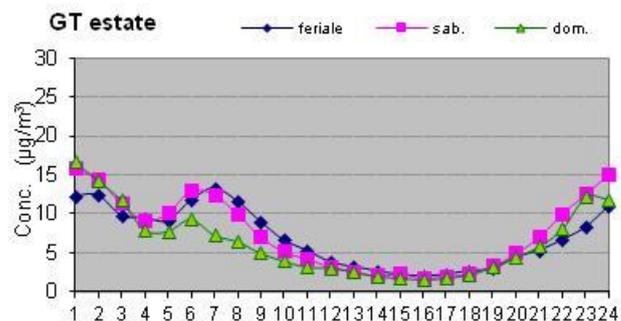
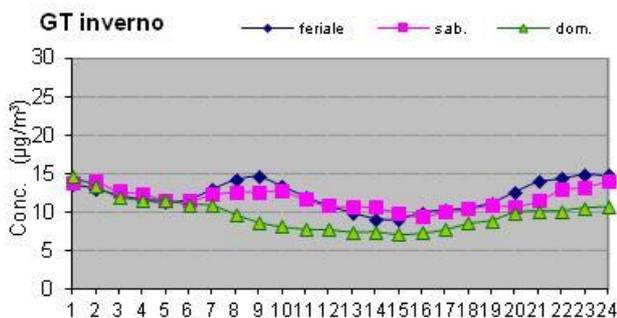
**Caorle – Fondo Urbano - Residenziale (FU-Res) – Area urbana**



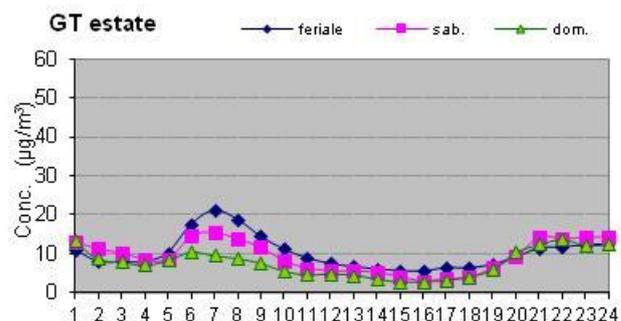
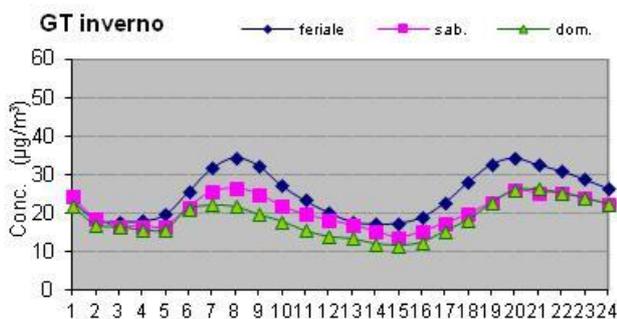
**Parco Bertozzi – Fondo Urbano (FU) – Area urbana**



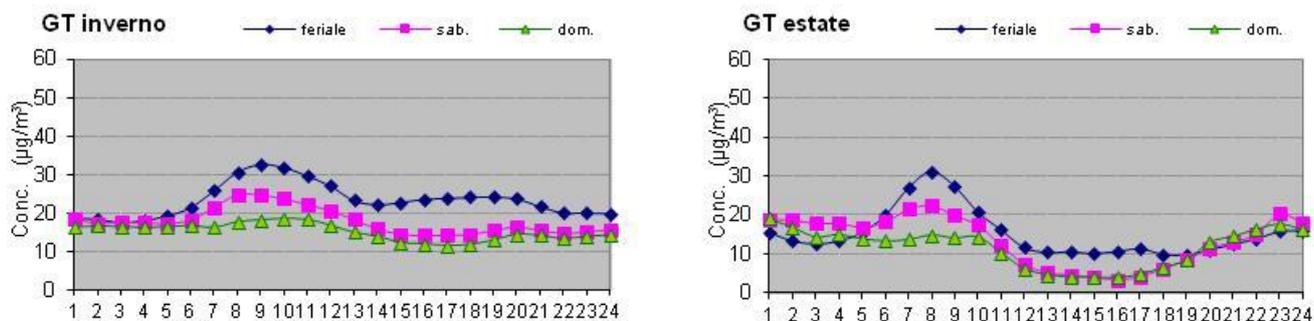
**Ballirana – Fondo Rurale (FR)**



**Delta Cervia – Fondo Sub – Urbano (FSub-U)**



**Rocca Brancaleone – LOCALE - Industriale Urbana (Ind/U) – Area urbana**



Porto San Vitale – LOCALE - Industriale (Ind) – Area industriale

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 2010 al 2020:

Tabella 4.4 - Andamento temporale di NO<sub>2</sub> dal 2010 al 2020 (concentrazioni espresse in µg/m<sup>3</sup>)

**Stazione: Zalamella**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Media</b>	37	37	35	32	33	37	33	31	30	28	28
<b>50°Percentile</b>	33	35	31	29	31	33	30	27	27	25	25
<b>90°Percentile</b>	-	-	-	-	55	65	58	59	53	50	49
<b>95°Percentile</b>	-	-	-	-	66	78	70	70	62	59	59
<b>98°Percentile</b>	88	94	94	84	79	96	84	87	73	73	72
<b>Max</b>	151	166	182	161	171	144	133	152	119	119	103
<b>&gt; 200 µg/m<sup>3</sup></b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>% dati validi</b>	99	99	98	97	100	99	96	94	95	95	97

**Stazione: Caorle**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Media</b>	21	24	25	23	19	23	20	20	19	20	18
<b>50°Percentile</b>	17	20	19	17	15	17	16	15	15	15	14
<b>90°Percentile</b>	-	-	-	-	41	49	43	46	42	43	39
<b>95°Percentile</b>	-	-	-	-	47	58	50	54	49	49	47
<b>98°Percentile</b>	63	64	76	65	55	68	58	62	58	57	55
<b>Max</b>	99	104	166	136	120	99	85	103	93	91	82
<b>&gt; 200 µg/m<sup>3</sup></b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>% dati validi</b>	96	98	98	99	95	94	98	96	95	97	99

**Stazione: Parco Bucci (fino al 2015) e Parco Bertozzi (dal 2016)**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	21	25	24	22	22	21	18	20	16	15	14
50°Percentile	15	20	19	17	19	16	13	15	11	11	10
90°Percentile	-	-	-	-	42	44	40	45	38	35	30
95°Percentile	-	-	-	-	48	52	48	54	46	42	37
98°Percentile	68	66	75	63	54	62	56	63	55	49	45
Max	127	111	157	98	100	96	92	121	92	77	76
> 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	100	98	99	88	86	95	95	95	99	100

**Stazione: Ballirana**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	14	17	18	15	14	17	14	17	13	13	13
50°Percentile	10	12	13	11	12	15	10	14	10	10	10
90°Percentile	-	-	-	-	28	34	31	35	29	27	26
95°Percentile	-	-	-	-	33	39	39	42	36	33	32
98°Percentile	51	54	65	50	37	45	44	48	44	38	41
Max	96	85	117	92	58	74	70	74	70	51	61
> 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	95	99	98	96	95	90	98	99	99	99	98

**Stazione: Delta Cervia**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	17	18	18	17	16	15	15	15	14	14	11
50°Percentile	14	15	15	13	13	12	12	11	11	11	8
90°Percentile	-	-	-	-	36	36	32	37	32	30	25
95°Percentile	-	-	-	-	42	42	39	44	38	36	31
98°Percentile	54	50	59	52	48	48	46	50	45	41	39
Max	102	73	109	92	73	72	71	85	69	56	70
> 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	94	97	99	93	92	94	97	97	99	99	98

**Stazione: Rocca Brancaleone**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	27	34	30	30	28	31	24	24	21	22	20
50°Percentile	24	30	25	27	25	27	20	20	18	18	15
90°Percentile	-	-	-	-	49	59	46	50	43	47	46
95°Percentile	-	-	-	-	57	66	55	58	51	55	54
98°Percentile	76	86	83	71	71	74	64	67	57	65	64
Max	129	194	153	130	149	110	101	118	122	99	102
> 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	94	98	98	99	93	98	94	97	95	94	99

**Stazione: SAPIR (fino al 2013) e Porto San Vitale (dal 2014)**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Media</b>	34	30	30	29	26	28	27	27	23	22	20
<b>50°Percentile</b>	33	28	27	26	25	26	26	24	21	19	18
<b>90°Percentile</b>	-	-	-	-	45	51	51	52	43	42	36
<b>95°Percentile</b>	-	-	-	-	51	58	57	59	50	48	41
<b>98°Percentile</b>	79	72	80	70	57	67	64	67	58	54	47
<b>Max</b>	143	151	137	130	98	106	118	98	82	77	67
<b>&gt; 200 µg/m<sup>3</sup></b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>% dati validi</b>	96	97	95	93	94	96	99	92	96	98	99

Per gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) la normativa indica un valore limite annuale per la protezione della vegetazione pari a 30 µg/m<sup>3</sup> (somma di monossido e biossido di azoto calcolata in ppm ed espressa come biossido di azoto) e dà indicazioni circa il posizionamento delle stazioni in cui verificare il rispetto del limite. In particolare, i punti di campionamento destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione 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 Ravenna la stazione che soddisfa questi criteri è quella di fondo rurale “Ballirana” e, anche in questa postazione, la concentrazione media annuale di NO<sub>x</sub> misurata nel 2020 è inferiore al limite per la protezione della vegetazione (Tabella 4.5).

<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>Riferimenti normativi</b>		<b>Ballirana</b>
<b>D.Lgs. 155/2010</b>	Protezione della vegetazione Media annuale	30 µg/m <sup>3</sup>	19 µg/m <sup>3</sup>

**Tabella 4.5 - NO<sub>x</sub>: media annuale 2020**

## 4.3 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)	2010 - 2020		

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 "Zalamella".

A Ravenna, tale inquinante viene misurato anche nella stazione Locale di Rocca Brancaleone (industriale/urbana) e, dal 2014, in quella Locale Industriale di Porto San Vitale.

I valori di monossido di carbonio mostrano una continua diminuzione nell'ultimo decennio, in tutte le postazioni e il valore limite per la protezione della salute umana è ampiamente rispettato in tutte le stazioni della rete di Ravenna già da molti anni.

<b>CO</b> [L.Q. = 0.4 mg/m <sup>3</sup> ]				Concentrazioni in mg/m <sup>3</sup>			Limiti Normativi	Riferimenti OMS	
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza%	Minimo	Massimo	Media	Media Max 8 ore	Media Max 1 ora	Media Max 8 ore
							10 mg/m <sup>3</sup>	30 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Zalamella	Ravenna	Traffico	100	< 0.4	3.8	0.5	1.0	3.8	0.5
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	100	< 0.4	1.6	< 0.4	0.6	1.6	0.5
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	< 0.4	2.3	< 0.4	0.6	2.3	0.3

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

Il valore limite per la protezione della salute umana indicato dal D.Lgs. 155/2010 - media massima giornaliera su otto ore pari a 10 mg/m<sup>3</sup> - non è mai stato superato neppure nel 2020.

Il valore più alto è 1.0 mg/m<sup>3</sup> (1/10 del limite), registrato nella stazione di traffico; inoltre in tutte le postazioni, più del 65% dei dati è minore o uguale al limite di quantificazione strumentale (0.4 mg/m<sup>3</sup>).

I dati degli ultimi anni (Tabella 4.7) confermano concentrazioni sono molto basse e decisamente inferiori al limite di legge. Tale andamento, ormai consolidato, induce a valutare che anche in futuro questo inquinante non presenterà particolari criticità.

Tabella 4.7 - Andamento temporale di CO dal 2010 al 2020 (concentrazioni espresse in mg/m<sup>3</sup>)

**Stazione: Zalamella**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Media</b>	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5
<b>50°Percentile</b>	0.3	0.4	0.3	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5
<b>90°Percentile</b>	-	-	-	-	0.9	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9
<b>95°Percentile</b>	-	-	-	-	1.1	1.2	1.1	1.1	0.9	1.0	1.1
<b>98°Percentile</b>	1.6	1.4	1.4	1.5	1.3	1.6	1.4	1.3	1.1	1.2	1.3
<b>Max</b>	3.7	3.7	3.8	4.4	2.9	3.2	3.1	3.1	3.0	2.9	3.8
<b>Max media 8 h</b>	2.5	2.9	2.4	3.3	0.6	0.8	0.7	0.8	1.2	1.0	0.5
<b>% dati validi</b>	98	99	98	98	100	99	100	98	100	98	100

**Stazione: Rocca Brancaleone**

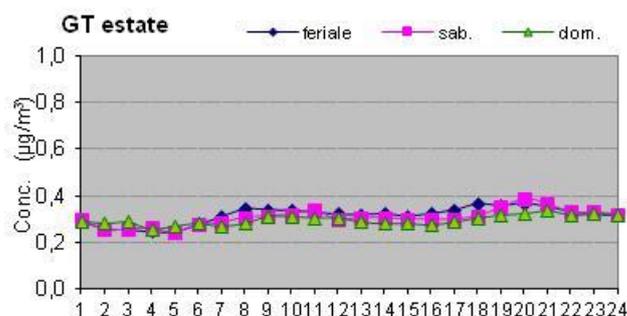
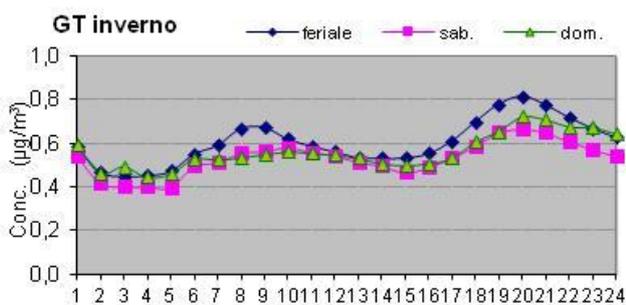
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Media</b>	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4
<b>50°Percentile</b>	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4
<b>90°Percentile</b>	-	-	-	-	0.5	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
<b>95°Percentile</b>	-	-	-	-	0.6	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7	0.7
<b>98°Percentile</b>	1.2	1.1	1.0	1.0	0.8	1.1	1.0	1.1	0.9	0.8	0.9
<b>Max</b>	2.6	2.7	2.7	2.4	2.2	2.6	2.1	2.1	2.9	2.0	1.6
<b>Max media 8 h</b>	1.9	1.8	1.5	1.9	0.3	0.5	0.6	0.6	0.8	0.6	0.5
<b>% dati validi</b>	98	98	98	100	98	99	100	100	97	98	100

**Stazione: Porto San Vitale**

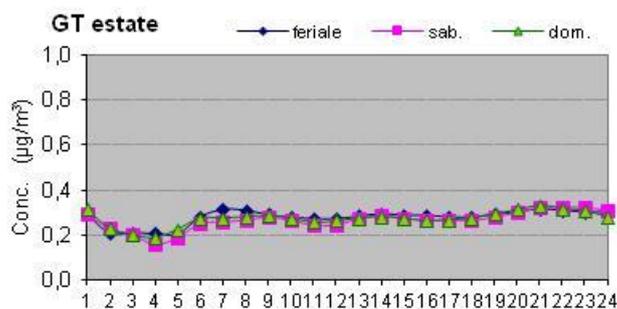
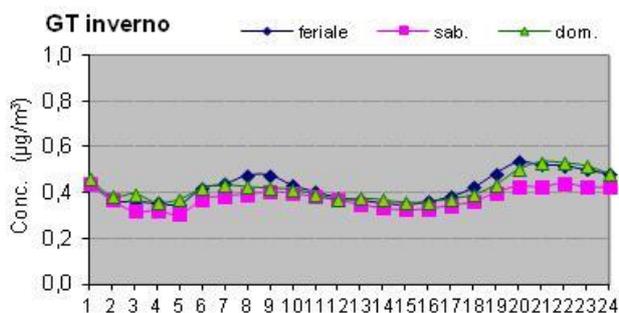
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Media</b>	-	-	-	-	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>50°Percentile</b>	-	-	-	-	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>90°Percentile</b>	-	-	-	-	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6
<b>95°Percentile</b>	-	-	-	-	0.7	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
<b>98°Percentile</b>	-	-	-	-	0.8	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.9
<b>Max</b>	-	-	-	-	1.3	1.8	3.2	2.8	2.6	1.3	2.3
<b>Max media 8 h</b>	-	-	-	-	0.3	0.5	0.4	0.5	0.6	0.6	0.3
<b>% dati validi</b>	-	-	-	-	94	96	99	98	99	99	99

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.

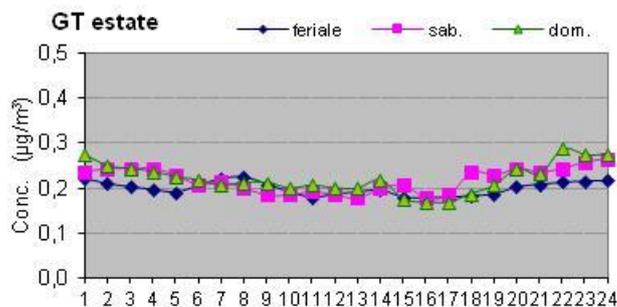
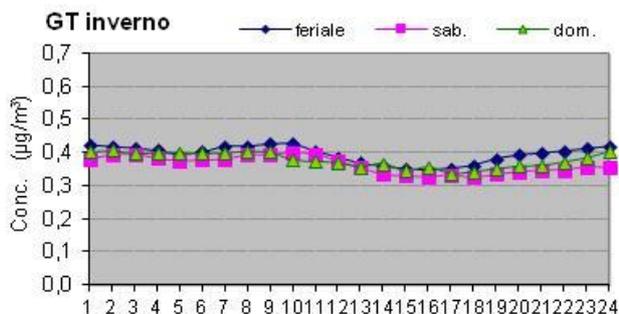
Nel grafico invernale della stazione di traffico (Zalamella) si colgono due “picchi”: uno intorno alle 8 e l'altro intorno alle 20, in corrispondenza degli orari di punta del traffico cittadino. Agli stessi orari sono presenti concentrazioni mediamente più alte anche a Rocca Brancaleone, sebbene la variazione – come si vede nel grafico corrispondente - sia meno pronunciata anche perché la stazione è più distante dalla strada.



**Zalamella – Traffico Urbano – Area urbana**



**Rocca Brancaleone – LOCALE - Industriale/Urbana – Area urbana**



**Porto San Vitale – LOCALE Industriale – Area industriale**

Figura 4.7 – Monossido di carbonio - Giorni tipici – anno 2020

## 4.4 Ozono O<sub>3</sub>

L'Ozono O<sub>3</sub> 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'irradiazione 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	2010 – 2020		
Superamento dei valori obiettivo previsti dalla normativa per l'Ozono	2010 – 2020		

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 Ravenna si effettuano misure di ozono anche nelle stazioni Locali: Rocca Brancaleone (industriale/urbana) e Porto San Vitale (industriale).

I valori di ozono misurati nel 2020 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/m<sup>3</sup>, valore soglia per l'informazione, non sia stata superata in nessuna stazione della rete regionale (un unico superamento si è registrato nella stazione locale industriale di Porto San Vitale.)

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	Rif. OMS
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza%	Minimo	Massimo	$180 \mu\text{g}/\text{m}^3$		$240 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
						ore di Sup.	giorni di Sup.	ore di Sup.	Max Media 8 ore
Ballirana	Alfonsine	Fondo Rurale	99	< 8	156	0	0	0	149
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	99	< 8	170	0	0	0	151
Parco Bertozzi	Faenza	Fondo Urbano	100	< 8	166	0	0	0	159
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	99	< 8	173	0	0	0	165
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	99	< 8	170	0	0	0	158
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	< 8	187	1	1	0	170

$O_3$	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 <sup>1</sup> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ ) 18000 media 5 anni	
Stazione	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	Anno	Media 3 anni	Anno	Media 5 anni
Ballirana	0	1	0	3	6	1	1	0	12	12	13318	15095
Delta Cervia	0	0	2	1	7	11	9	0	30	46	16247	28395
Parco Bertozzi	0	2	0	4	12	6	3	0	27	26	15772	19412
Caorle	0	3	0	2	10	7	3	0	25	32	18168	25117
Rocca Brancaleone	0	1	0	2	6	6	2	0	17	21	14227	20083
Porto San Vitale	0	0	1	3	6	6	2	0	18	18	15946	17178

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:

Finalità della misurazione	Tipo di stazione	Stazioni RRQA Ravenna
protezione della salute umana	Fondo Urbano	Parco Bertozzi e Caorle
protezione della salute umana/ protezione della vegetazione	Fondo Sub Urbano Fondo Rurale	Delta Cervia Ballirana

A Ravenna l'ozono si misura anche nelle due stazioni Locali, in quanto tali postazioni sono vicine o sottovento alla zona industriale, quindi a fonti potenzialmente significative di inquinanti precursori. 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 nelle Figure 4.8 e 4.9) ed un caratteristico andamento giornaliero, con il massimo di concentrazione in corrispondenza delle ore di maggiore insolazione (ore 13 ÷ 14 - Figura 4.10).

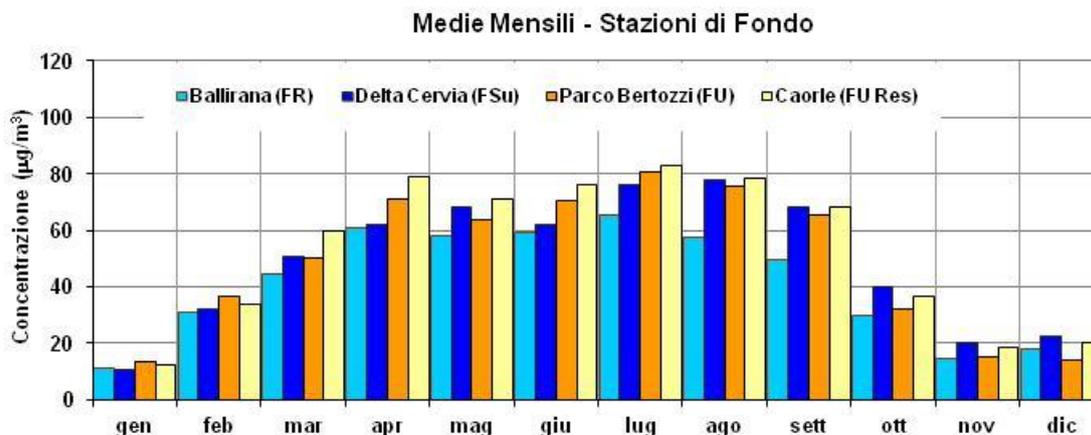


Figura 4.8 Concentrazioni medie mensili Stazioni di Fondo – anno 2020

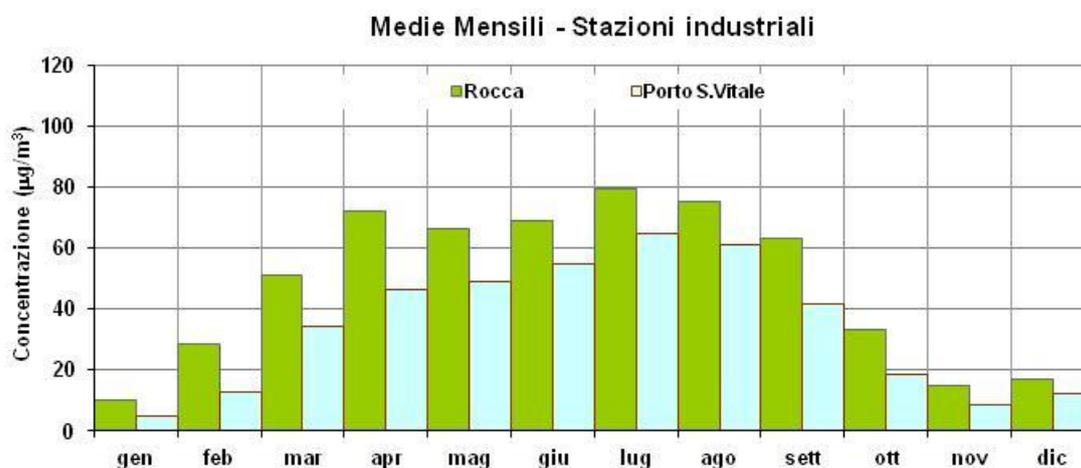
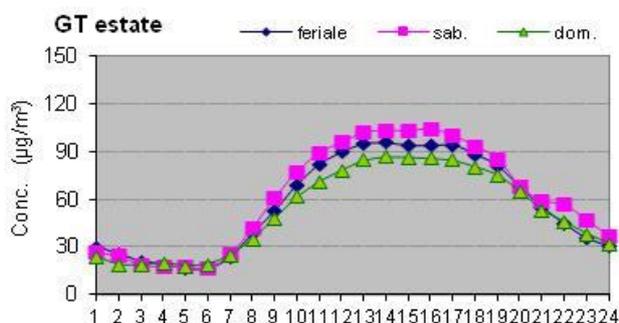


Figura 4.9 Concentrazioni medie mensili Stazioni LOCALI Industriali – anno 2020

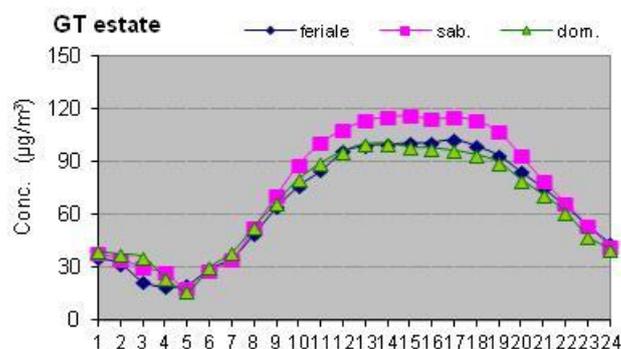
Gli andamenti giornalieri delle concentrazioni di ozono nelle stazioni sono molto simili: il minimo è tra le 6 e le 7 del mattino (quando l'ozono prodotto il giorno precedente è completamente diffuso)

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

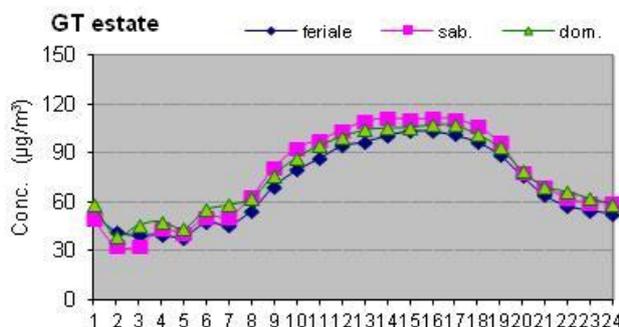


Ballirana (FR)

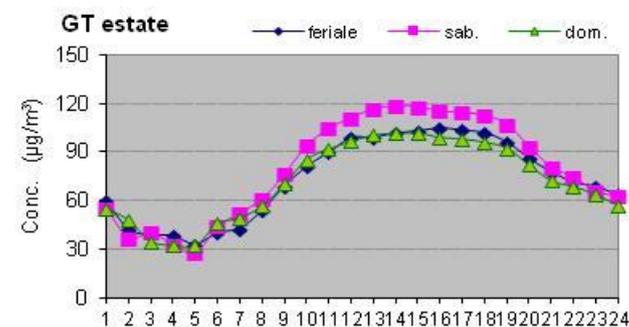


Delta Cervia (FSubU)

### Stazione di Fondo Urbano

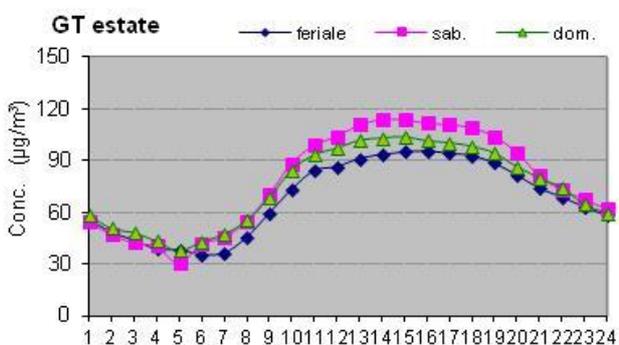


Parco Bertozzi (FU)

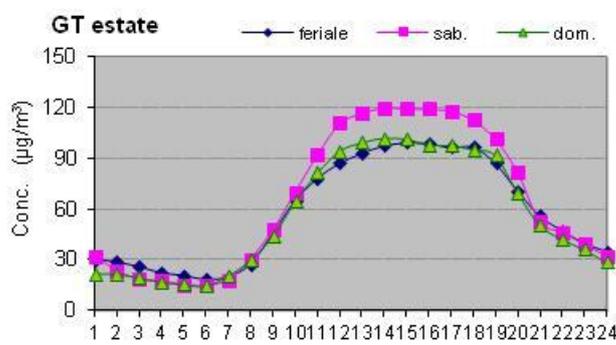


Caorle (FU Res)

### Stazioni LOCALI Industriali



Rocca Brancaleone (Ind./Urbana)



Porto San Vitale (Ind)

Figura 4.10 - Ozono: giorni tipici estivi – anno 2020

Il limite per la protezione della salute umana (superamento della media massima giornaliera su 8 h di  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per più di 25 giorni, calcolata come media degli ultimi tre anni) nel 2020 è superato nelle stazioni di Fondo sub-urbano (Delta Cervia, 46 giorni), Fondo urbano (Parco Bertozzi, 26 giorni) e Fondo urbano residenziale (Caorle, 32 giorni).

Il numero di giorni di superamento dei  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dal 2010 al 2020, in ogni singolo anno, è riportato in Figura 4.11.

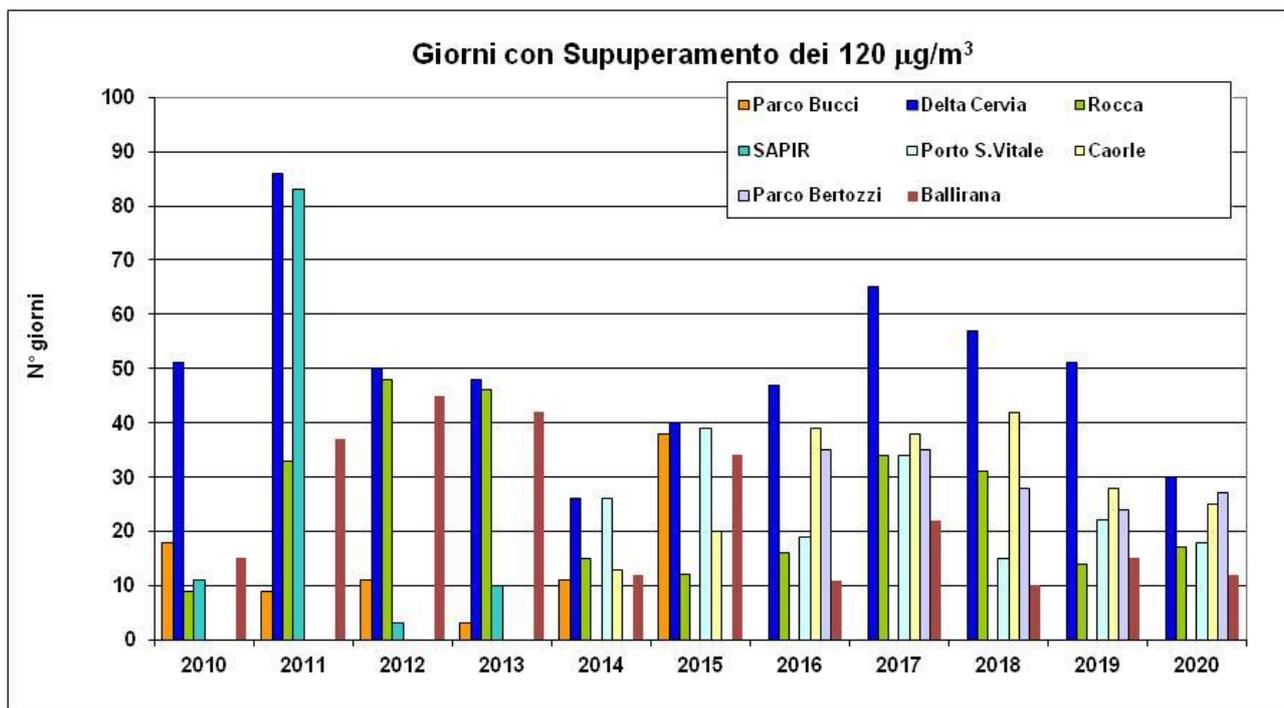


Figura 4.11 Giorni con superamento dei  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - periodo 2010 - 2020

Per quanto riguarda gli episodi acuti, la soglia di informazione ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stata superata in una sola giornata, 1° agosto, nella stazione Locale di Porto San Vitale (Tabella 4.9), mentre la soglia di allarme ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) non è mai stata raggiunta.

<i>giorno di sup.</i>	<i>Porto S.Vitale</i>
1° agosto 2020	

Tabella 4.9 – O3: giorni di superamento della soglia di informazione

Infine, si riportano in Tabella 4.10 alcuni parametri statistici relativi all'ozono, calcolati nel periodo dal 2010 al 2020.

Tabella 4.10 - Andamento temporale dell'ozono dal 2010 al 2020 (concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**Stazione: Parco Bucci (fino al 2015) e Parco Bertozzi (dal 2016)**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	-	-	-	-	39	43	49	51	48	48	49
50°Percentile	-	-	-	-	32	34	45	48	44	45	47
90°Percentile	-	-	-	-	86	99	98	100	98	96	97
95°Percentile	-	-	-	-	100	115	112	113	112	110	110
98°Percentile	-	-	-	-	114	133	128	130	127	123	124
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	156	158	154	140	164	187	178	180	173	165	166
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18	9	11	3	11	38	35	35	28	24	27
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	96	100	99	98	97	95	99	99	98	98	100

**Stazione: Ballirana**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	-	-	-	-	41	41	39	41	36	42	42
50°Percentile	-	-	-	-	34	31	32	34	28	35	34
90°Percentile	-	-	-	-	92	99	88	93	87	92	92
95°Percentile	-	-	-	-	103	114	101	106	100	105	103
98°Percentile	-	-	-	-	114	128	113	122	113	119	115
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	168	168	204	190	180	171	156	182	156	204	156
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15	37	45	42	12	34	-	22	10	15	12
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	3	2	0	0	0	1	0	1	0
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	88	99	99	98	94	90	98	99	99	97	96

**Stazione: Delta Cervia**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	-	-	-	-	47	49	51	56	52	53	49
50°Percentile	-	-	-	-	40	43	46	50	45	47	44
90°Percentile	-	-	-	-	102	105	106	114	111	109	101
95°Percentile	-	-	-	-	113	119	120	126	123	121	113
98°Percentile	-	-	-	-	125	133	133	141	134	133	127
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	191	184	186	214	190	196	167	198	185	216	170
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51	86	50	48	26	40	47	65	52	51	30
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2	1	3	6	1	1	0	4	1	2	0
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	97	99	99	96	96	94	93	94	95	96	99

**Stazione: Caorle**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	-	-	-	-	46	47	51	54	53	52	53
50°Percentile	-	-	-	-	44	44	49	53	50	50	53
90°Percentile	-	-	-	-	94	96	104	107	107	101	101
95°Percentile	-	-	-	-	104	109	116	118	119	113	112
98°Percentile	-	-	-	-	118	123	130	135	133	127	124
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	177	198	187	190	174	198	173
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	13	20	39	38	42	28	25
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	0	1	2	2	0	3	0
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	-	-	-	-	98	96	96	93	97	97	99

**Stazione: Rocca Brancaleone**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	-	-	-	-	47	42	45	48	48	48	48
50°Percentile	-	-	-	-	44	37	40	45	43	46	46
90°Percentile	-	-	-	-	97	91	94	100	101	97	96
95°Percentile	-	-	-	-	107	103	106	111	114	107	107
98°Percentile	-	-	-	-	119	115	120	127	128	119	118
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	170	175	197	205	181	187	181	179	170	184	170
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9	33	48	46	15	12	16	34	31	14	17
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	2	6	1	1	1	0	0	1	0
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	96	99	98	98	98	99	99	100	99	98	99

**Stazione: SAPIR (fino al 2013) e Porto San Vitale (dal 2014)**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	-	-	-	-	36	37	32	34	30	32	34
50°Percentile	-	-	-	-	21	21	19	16	12	15	18
90°Percentile	-	-	-	-	93	97	88	95	89	93	95
95°Percentile	-	-	-	-	110	116	103	111	104	108	108
98°Percentile	-	-	-	-	127	134	122	130	119	122	121
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	180	195	144	170	203	211	180	203	161	192	187
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	11	83	3	10	26	39	19	34	15	22	18
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	6	0	0	3	2	0	1	0	0	1
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	97	99	95	94	90	96	99	97	99	98	99

## 4.5 Benzene C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

*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, detergenti, vernici, collanti, inchiostri, adesivi, prodotti per la pulizia, ecc.*

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

### Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	2010 – 2020		

In considerazione del fatto che il Benzene è classificato dalla IARC cancerogeno di classe 1, a scopo cautelativo, viene rilevato in tutte le stazioni dell'area urbana di Ravenna. In particolare, nella stazione di traffico urbano (Zalamella) ed industriale (Porto San Vitale) viene eseguito un monitoraggio in continuo con dati orari, mentre a Caorle e Rocca Brancaleone il monitoraggio è settimanale, con campionatori passivi.

I valori più elevati si sono registrati nella stazione di traffico.

Nel 2020 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.

<b>Benzene C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b> [L.Q. = 0,1 µg/m <sup>3</sup> ]				<b>Concentrazioni</b> in µg/m <sup>3</sup>				<b>Limite</b> <b>Normativo</b>
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza</i> %	<i>Minimo</i> <i>orario</i>	<i>Massimo</i> <i>orario</i>	<i>Media Max</i> <i>giornaliera</i>	<i>Media Max</i> <i>settimanale</i>	5 µg/m <sup>3</sup>
								<i>Media annuale</i>
<b>Zalamella</b>	Ravenna	Traffico	99	< 0.1	20.6	3.7	3,1	1.0
<b>Carole (*)</b>	Ravenna	Fondo Urb. Res	75	-	-	-	2.0	0.9
<b>Rocca Brancaleone(*)</b>	Ravenna	<b>Locale</b> Ind/Urban	75	-	-	-	2.0	0.9
<b>Porto San Vitale</b>	Ravenna	<b>Locale</b> Industriale	98	< 0.1	5.7	3.6	2.7	0.5

**Tabella 4.11 – C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme – strumentazione in continuo e campionatori passivi<sup>(\*)</sup>**

Per il benzene il limite per la protezione della salute umana, entrato in vigore il 1° gennaio 2010, è pari a 5 µg/m<sup>3</sup> come media annuale.

In Tabella 4.11 sono riassunti i parametri statistici relativi alle concentrazioni di benzene rilevate a Ravenna: monitoraggio con strumentazione in continuo e campionatori passivi.

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 (Zalamella) e in quella Locale Industriale di Porto San Vitale;
- con campionatori passivi a cadenza settimanale nelle altre due postazioni di Ravenna: fondo urbano residenziale (Caorle), Industriale/Urban (Rocca Brancaleone, rete locale).

Il campionatore passivo è un dispositivo capace di raccogliere gas dall'atmosfera ad una velocità controllata dalla diffusione molecolare e non richiede movimento attivo dell'aria. E' costituito da un tubo contenente un adsorbente che fissa l'inquinante; quando inizia il campionamento il tubo viene liberato dal contenitore ermetico e montato su apposito supporto che permette la diffusione degli inquinanti e contemporaneamente evita l'azione degli agenti atmosferici. Al momento dell'installazione viene annotata la data, l'ora e la postazione. Alla fine del campionamento il tubo viene richiuso nel contenitore, sigillato (segnando la data e l'ora) e portato in laboratorio per l'analisi. La determinazione analitica dei composti organici viene effettuata per gascromatografia dopo l'estrazione con una soluzione di solfuro di carbonio.

Dalla quantità totale di composti organici volatili rilevati, noto il volume d'aria "campionata", possono essere determinate le concentrazioni in atmosfera, espresse µg/m<sup>3</sup>, di diversi COV, fra cui il benzene. Il campionatore viene cambiato ogni settimana: il dato che si ottiene è una concentrazione media settimanale e da questa vengono poi calcolate la media annuale (parametro di riferimento legislativo per il benzene) e le medie mensili.

Nel 2020, a causa del lockdown, durante i mesi di marzo, aprile e maggio, i prelievi con campionatori passivi sono stati sospesi; l'efficienza della misura su base annua è pertanto scesa al 75%.

In tutte le stazioni la concentrazione del benzene è inferiore al limite normativo, con valori medi annui che oscillano fra 1.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a Zalamella e 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a San Vitale, in linea con quelli registrati negli anni precedenti.

Anche nelle postazioni in cui la misura è integrata sulla settimana, le concentrazioni medie annuali si attestano, già da qualche anno, su valori prossimi a 1.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In Figura 4.12 sono rappresentate le concentrazioni medie annuali a partire dal 2010: il valore limite, entrato in vigore nel 2010, è sempre stato rispettato e, a partire dal 2010, la concentrazione annuale è stabilmente inferiore a 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

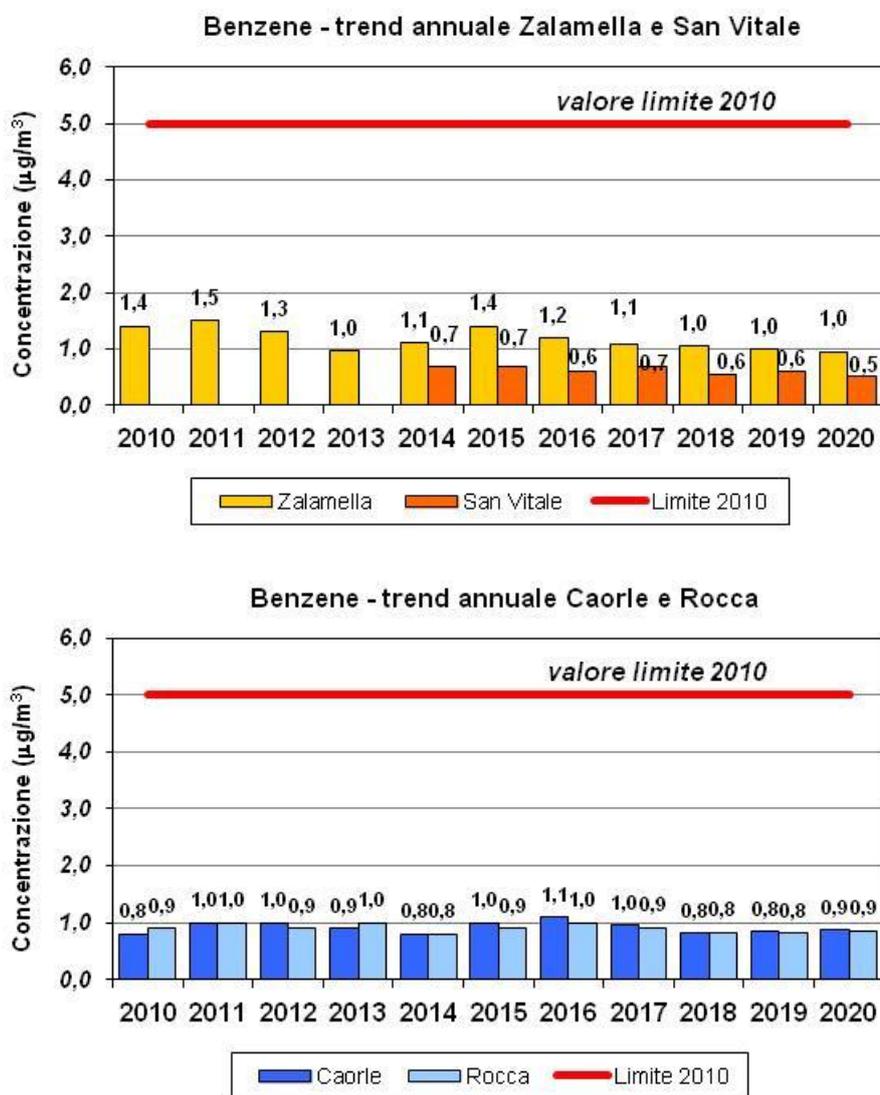


Figura 4.12 - Confronto con i valori limite- D.lgs. 155/10

I grafici successivi (Figure 4.13 e 4.14) riportano le concentrazioni medie mensili: valori molto prossimi ai 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  o superiori, sono stati rilevati solo a Zalamella nel mese di gennaio, periodo in cui anche gli altri inquinanti (ad esclusione dell'ozono) manifestano le concentrazioni più elevate. Il trend annuale delle concentrazioni è comunque simile sia nelle postazioni con analizzatori in continuo che in quelle con campionatori passivi.

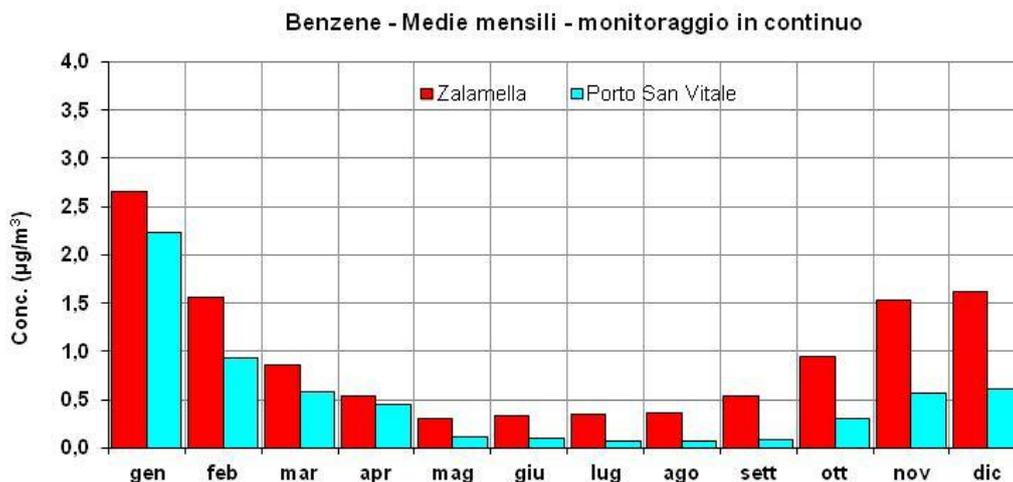


Figura 4.13 - Concentrazioni medie mensili: Zalamella e Porto San Vitale - monitoraggio continuo - Anno 2020

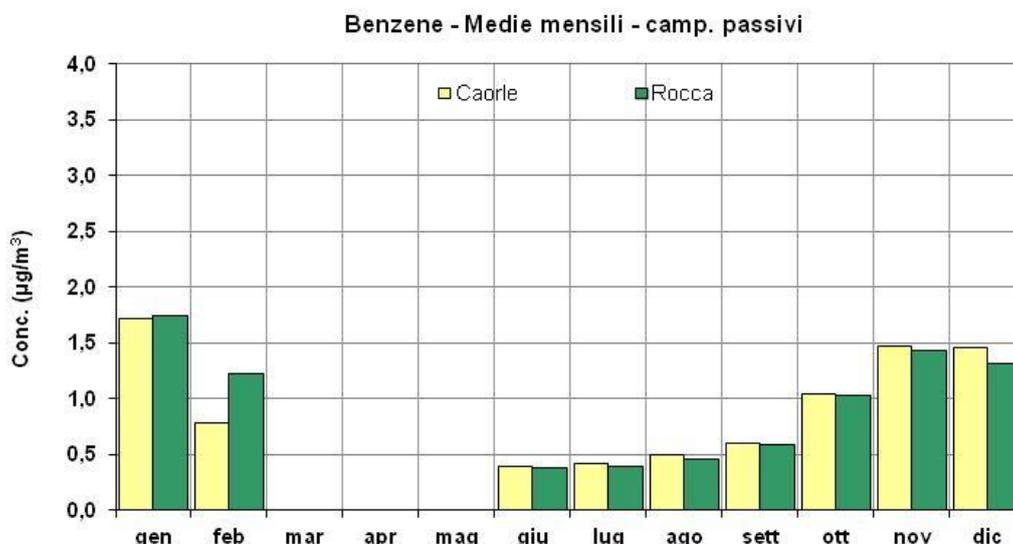


Figura 4.14 - Concentrazioni medie mensili: Caorle, Rocca - campionatori passivi - Anno 2020

La Tabella 4.12 riporta alcuni parametri statistici delle concentrazioni di benzene a partire dal 2010. 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 benzine<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> 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

Tabella 4.12 - Andamento temporale di Benzene dal 2010 al 2020 (concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**Stazione: Carole (campionatori passivi)**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% dati validi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75
Media annua	0.8	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0	1.1	1.0	0.8	0.8	0.9
Max settimana	2.3	3.1	2.6	2.9	1.9	3.0	3.5	2.9	2.3	2.4	2.0

**Stazione: Rocca Brancaleone (campionatori passivi)**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% dati validi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75
Media annua	0.9	1.0	0.9	1.0	0.8	0.9	1.0	0.9	0.8	0.8	0.9
Max settimana	2.4	2.9	2.3	3.1	1.9	3.0	2.5	2.7	2.4	2.1	2.0

**Stazione: Zalamella**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	1.4	1.5	1.3	1.3	1.1	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
50°Percentile	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.9	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6
90°Percentile	-	-	-	-	2.3	2.9	2.5	2.7	2.3	2.2	2.2
95°Percentile	-	-	-	-	2.9	3.9	3.4	3.6	2.8	3.0	2.9
98°Percentile	4.7	5.5	5.5	5.1	3.9	5.3	4.5	4.7	3.6	3.8	3.8
Max	11.6	12.4	16.0	16.8	12.3	48.7	10.7	18.7	10.4	8.5	20.6
N° giorni > 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
N° giorni > 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	98	94	94	91	95	95	96	94	95	93	99

**Stazione: Porto San Vitale**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	-	-	-	-	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5
50°Percentile	-	-	-	-	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
90°Percentile	-	-	-	-	1.6	1.8	1.7	1.7	1.5	1.5	1.2
95°Percentile	-	-	-	-	1.9	2.4	2.2	2.3	1.9	1.9	2.0
98°Percentile	-	-	-	-	2.2	3.0	2.8	2.9	2.3	2.6	3.0
Max	-	-	-	-	4.0	39.2	7.2	8.7	6.6	4.2	5.7
N° giorni > 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
N° giorni > 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	-	-	-	-	98	96	94	94	95	94	98

## 4.6 Toluene (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>) e Xileni (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>)

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 <sub>7</sub> H <sub>8</sub> ) e Xileni (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )	2010 – 2020		

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 (Zalamella) e di Fondo urbano (Caorle) e nelle stazioni Locali di Porto San Vitale e Rocca Brancaleone.

Nel 2020 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 2009-2010 le concentrazioni di entrambi gli inquinanti sono progressivamente diminuite in tutte le stazioni.

<b>Toluene C<sub>7</sub>H<sub>8</sub></b>				<b>Concentrazioni in µg/m<sup>3</sup></b>					<b>OMS</b>
<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>	<i>Media annuale</i>	<i>260 µg/m<sup>3</sup></i>
									<i>Media settimanale</i>
<b>Zalamella</b>	Ravenna	Traffico	97	< 0.2	129.8	27.4	9.6	3.2	9.6
<b>Caorle (*)</b>	Ravenna	Fondo Urbano Res	75	-	-	-	5.7	2.0	5.7
<b>Rocca Brancaleone (*)</b>	Ravenna	<b>Locale</b> Ind/Urbano	75	-	-	-	3.1	1.8	3.1
<b>Porto San Vitale</b>	Ravenna	<b>Locale</b> Industriale	98	< 0.2	26.6	9.0	5.4	1.1	5.4
<b>Xileni C<sub>8</sub>H<sub>10</sub></b>				<b>Concentrazioni in µg/m<sup>3</sup></b>					<b>OMS</b>
<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>	<i>Media annuale</i>	<i>4800 µg/m<sup>3</sup></i>
									<i>Media 24 ore</i>
<b>Zalamella</b>	Ravenna	Traffico	97	< 0.2	33.2	8.2	5.2	1.6	8.2
<b>Caorle (*)</b>	Ravenna	Fondo Urbano Res	75	-	-	-	2.3	1.3	-
<b>Rocca Brancaleone (*)</b>	Ravenna	<b>Locale</b> Ind/Urbano	75	-	-	-	2.4	1.3	-
<b>Porto San Vitale</b>	Ravenna	<b>Locale</b> Industriale	93	< 0.2	20.8	6.6	4.2	1.2	6.6

**Tabella 4.13 – Toluene e Xileni: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme – strumentazione in continuo e campionatori passivi<sup>(\*)</sup>**

Nel 2020, durante i mesi di lockdown (marzo, aprile e maggio), sono stati sospesi i campionamenti con campionatori passivi, pertanto l'efficienza annua delle stazioni di Caorle e Rocca Brancaleone è scesa al 75%.

Relativamente allo xilene, nel monitoraggio in continuo e nella determinazione analitica sui campionatori passivi, si misurano 3 isomeri: m-xilene, p-xilene e o-xilene.

La Tabella 4.13 sintetizza le elaborazioni statistiche relative a tutti i 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.

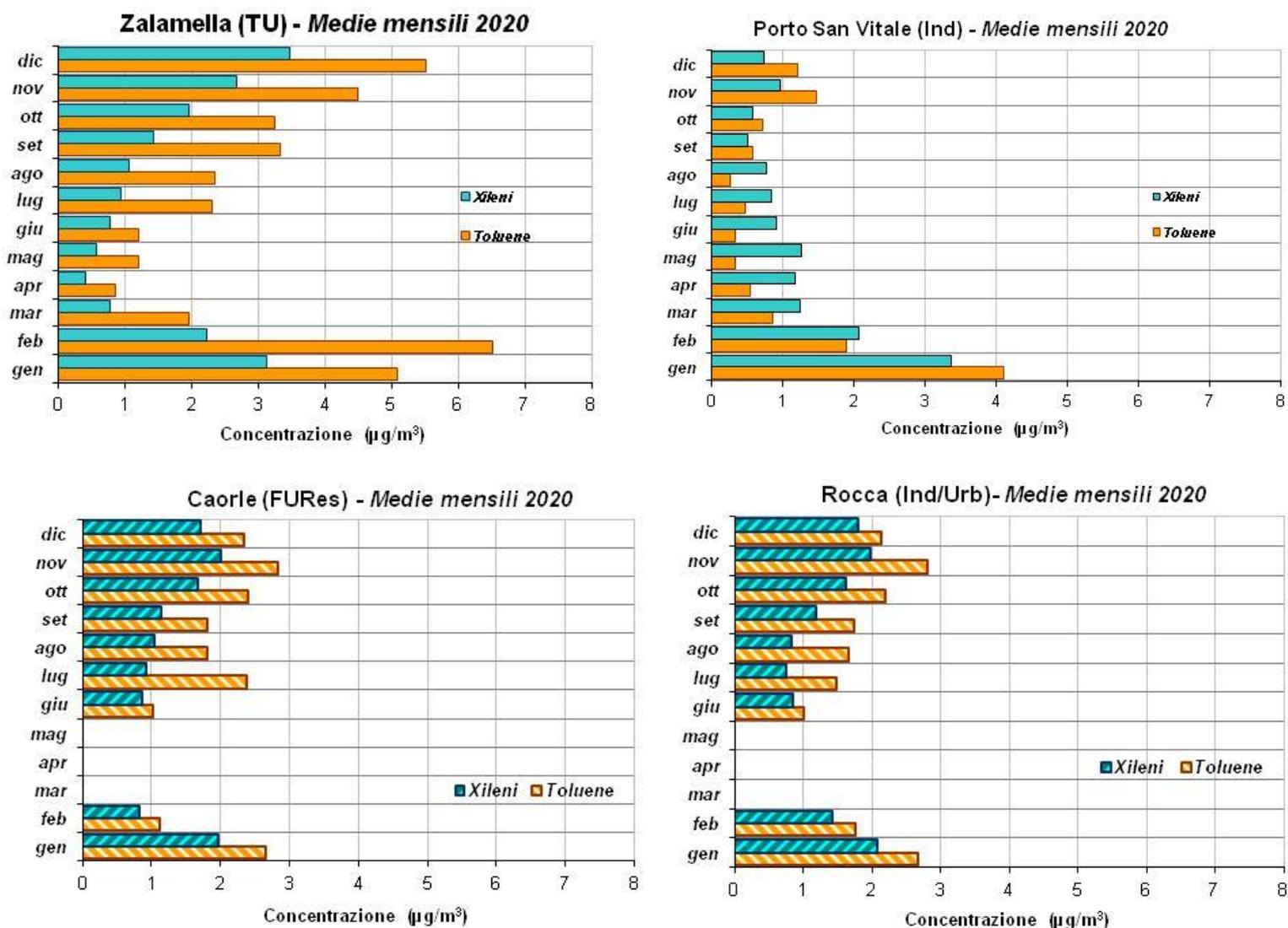


Figura 4.15 – Toluene e Xileni: concentrazioni medie mensili – anno 2020

In Tabella 4.13-bis sono riportati alcuni parametri statistici relativi a toluene e xileni per la serie storica dal 2010 al 2020

Tabella 4.13 bis - Andamento temporale di Toluene e Xileni dal 2010 al 2020 (concentrazioni espresse in µg/m<sup>3</sup>)

**Stazione: Zalamella**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Toluene</b>											
% dati validi	98	94	94	89	95	95	96	94	95	93	97
Media	4.0	4.5	3.8	3.4	3.4	2.7	3.4	3.5	3.5	3.3	3.2
Max orario	198.1	53.5	162.8	86.0	61.6	51.9	178.4	274.6	70.8	47.5	129.8
<b>Xileni</b>											
% dati validi	98	95	94	91	95	95	96	94	95	93	97
Media	2.1	3.0	1.9	1.6	2.1	1.7	2.0	1.9	2.3	2.2	1.6
Max orario	86.6	65.7	34.3	31.7	28.2	35.4	26.7	51.4	32.5	43.4	33.2

**Stazione: Caorle (campionatori passivi)**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Toluene</b>											
% dati validi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75
Media annua	4.7	2.7	2.7	3.0	2.4	2.0	2.3	2.9	2.5	1.6	2.0
Max settimana	12.1	13.5	25.7	8.0	6.0	5.8	7.1	28.1	10.8	3.4	5.7
<b>Xileni</b>											
% dati validi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75
Media annua	3.5	1.7	1.4	1.7	1.5	1.3	1.6	2.0	1.8	1.3	1.3
Max settimana	8.3	3.9	3.7	6.2	4.0	3.9	3.9	5.9	4.2	2.8	2.3

**Stazione: Rocca Brancaleone (campionatori passivi)**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Toluene</b>											
% dati validi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75
Media annua	2.2	2.3	2.7	2.2	2.2	4.5	2.5	2.3	1.9	1.6	1.8
Max settimana	4.9	6.7	7.4	5.0	6.1	112.1	10.3	6.6	9.5	3.4	3.1
<b>Xileni</b>											
% dati validi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75
Media annua	1.4	1.3	1.6	1.4	1.3	1.7	1.9	1.6	1.4	1.4	1.3
Max settimana	3.1	2.5	5.9	4.0	4.0	4.9	4.7	3.9	2.7	6.5	2.4

**Stazione: SAPIR (fino al 2013) e Porto San Vitale (dal 2014)**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Toluene</b>											
% dati validi	100	100	100	100	100	96	94	94	95	94	98
Media annua	3.9	2.5	2.2	2.0	1.8	1.9	1.6	1.7	1.2	1.2	1.1
Max orario	-	-	-	-	42.1	122.3	82.9	97.1	46.0	29.7	26.6
<b>Xileni</b>											
% dati validi	100	100	100	100	100	96	94	94	95	94	93
Media annua	1.4	1.6	1.7	1.5	1.5	1.7	1.8	1.5	1.2	1.3	1.2
Max orario	-	-	-	-	54.4	38.1	305.0	59.1	17.0	57.7	20.8

## 4.7 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 PM 10 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 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 PM 10: 20 µg/m<sup>3</sup> come media annuale e 50 µg/m<sup>3</sup> come media sulle 24 ore), pone l'obiettivo di raggiungere «le più basse concentrazioni di PM possibile».

### Valutazione in sintesi

Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione media annuale di particolato PM10	2015 – 2020		
Numero superamenti del limite giornaliero per particolato PM10	2015 – 2020		

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

Nel 2020 il limite della media annuale del PM10 (40 µg/m<sup>3</sup>) è rispettato in tutte le stazioni della Provincia di Ravenna. Il limite giornaliero (media giornaliera di 50 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 35 volte in un anno) è invece stato superato in tutte le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria, ad esclusione della stazione di fondo urbano di Faenza (Parco Bertozzi).

Gli obiettivi dell'OMS (20 µg/m<sup>3</sup> come media annuale e 50 µg/m<sup>3</sup> come concentrazione massima sulle 24 ore) sono stati superati in tutte le stazioni.

La media annuale, già da diversi anni, si attesta attorno al valore di 30 µg/m<sup>3</sup>, 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.

<b>PM10</b> [L.Q. = 3 µg/m <sup>3</sup> ]				<b>Concentrazioni in µg/m<sup>3</sup></b>		<b>Limiti Normativi</b>	
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<b>40 µg/m<sup>3</sup></b> <i>Rif. OMS: 20 µg/m<sup>3</sup></i>	<b>Max 35</b> <i>Rif. OMS: Max 1</i>
						<i>Media anno</i>	<b>N° giorni Sup. 50µg/m<sup>3</sup></b>
<b>Delta Cervia</b>	Cervia	Fondo Sub-urb	98	3	112*	27	<b>36</b>
<b>Parco Bertozzi</b>	Faenza	Fondo Urbano	97	4	110*	24	26
<b>Caorle</b>	Ravenna	Fondo Urbano Res	98	6	117*	26	<b>40</b>
<b>Zalamella</b>	Ravenna	Traffico	99	4	124*	29	<b>58</b>
<b>Rocca Brancaleone</b>	Ravenna	<b>Locale</b> Ind/Urbano	99	2	128*	26	<b>47</b>
<b>Porto San Vitale</b>	Ravenna	<b>Locale</b> Industriale	99	7	112*	34	<b>69</b>

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

\* valori che coincidono con l'evento eccezionale del dust storm dal Mar Caspio al Nord Italia del 28-29 marzo 2020

Nel 2020, quindi, il limite della media annuale è stato rispettato in tutte le postazioni, mentre il limite giornaliero (media giornaliera di 50 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 35 volte in un anno) è stato superato in tutte le stazioni eccetto che in quella di Parco Bertozzi (Tabella 4.14).

Le concentrazioni più elevate (massimo giornaliero) sono state misurate in tutte le stazioni il 28 e il 29 marzo, giornate in cui si è verificato un evento eccezionale di “dust storm” dal Mar Caspio al Nord Italia. Una tempesta di sabbia di provenienza anomala (di solito si parla di sabbie sahariane) che ha comportato un innalzamento delle concentrazioni di particolato in tutta l'Emilia Romagna, con valori anche superiori ai 100 µg/m<sup>3</sup> nelle stazioni della zona di “Pianura Est” di cui la rete di Ravenna fa parte (per un approfondimento si può consultare la pagina: <https://www.arpae.it/it/ecoscienza/numeri-ecoscienza/anno-2020/numero-3-2020/qualita-dellaria/un-episodio-di-dust-storm-dal-caspio-al-nord-italia>).

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 µg/m<sup>3</sup>: nel 2020 la media annuale è in linea con quella degli anni precedenti, mentre il numero di superamenti è maggiore.

In area industriale (Figura 4.18), i due parametri (media annuale e superamenti) nel 2020 sono leggermente inferiori agli anni precedenti : probabilmente come effetto del lockdown o, comunque, della diminuzione di attività nell'area.

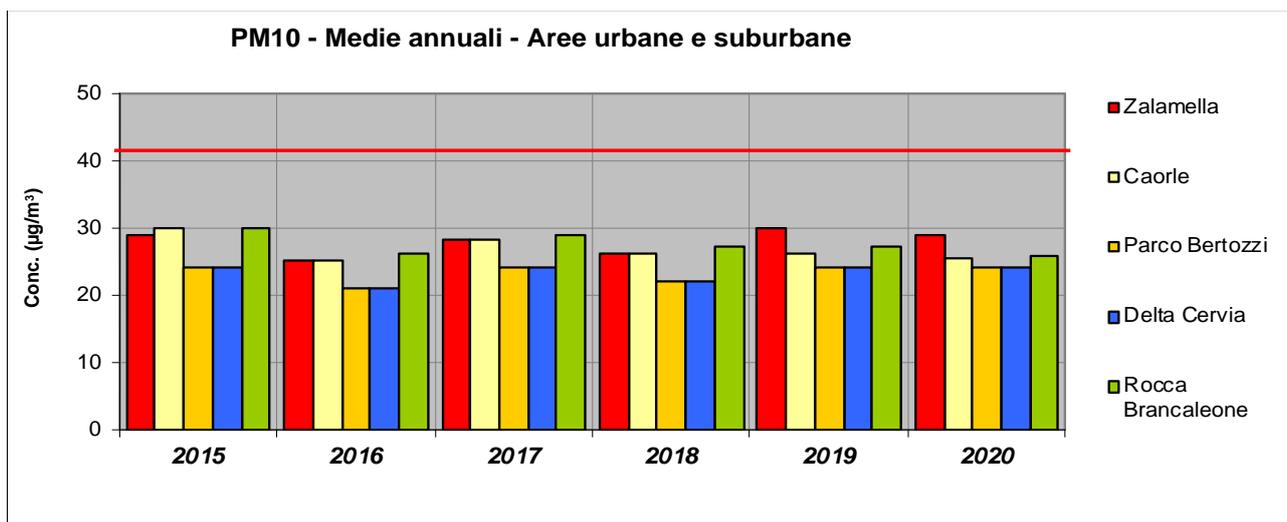


Figura 4.16 – PM10 medie annuali Area Urbana e Sub Urbana – Stazioni RRQA + Stazione Locale di Rocca Brancaleone (Ind/Urb)

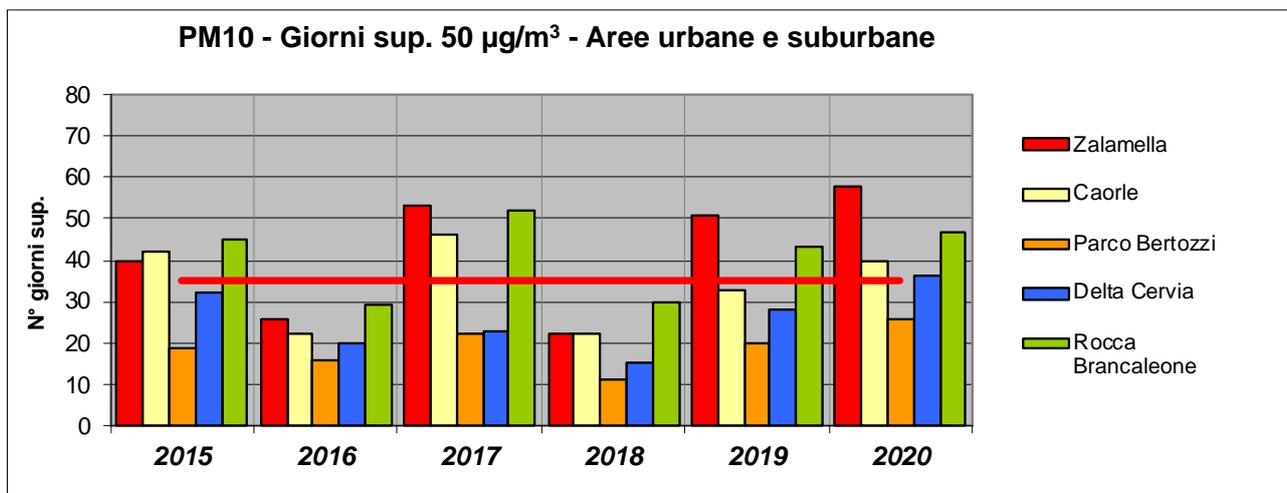


Figura 4.17 – PM10 giorni con superamento dei 50 µg/m³ - Area Urbana e Sub Urbana Stazioni RRQA + Stazione Locale di Rocca Brancaleone (Ind/Urb)

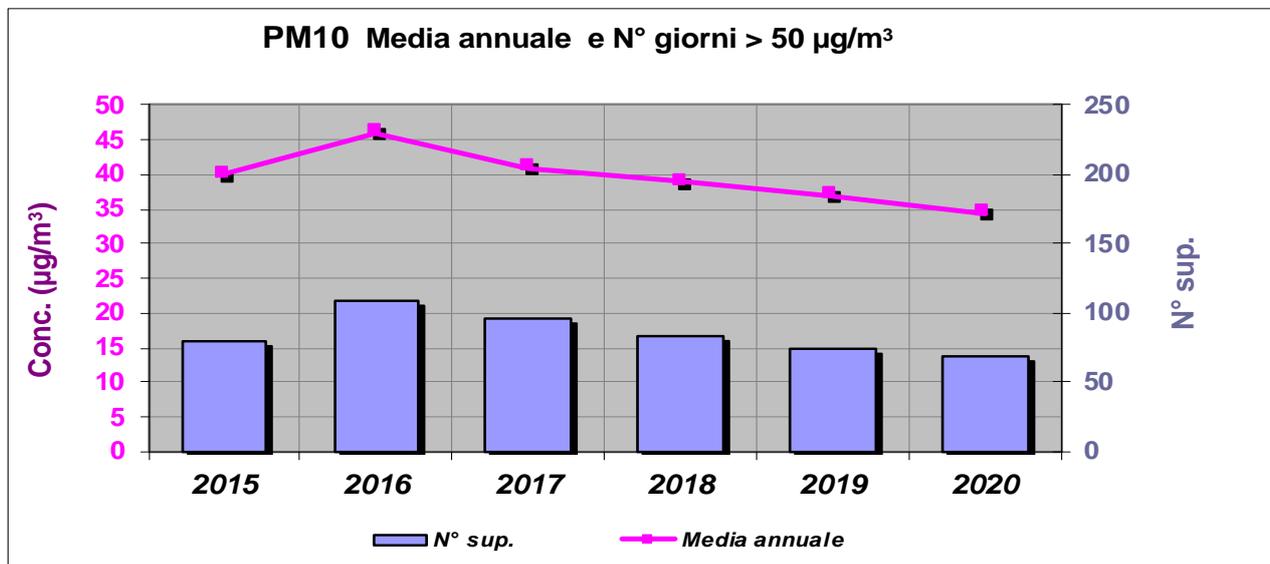


Figura 4.18 – PM10 medie annuali e giorni con superamento dei 50 µg/m³ – Area industriale – Stazione Locale - Porto San Vitale

Il grafico di Figura 4.19 (superamenti cumulati) consente di visualizzare fino a quale giorno dell'anno, nelle diverse stazioni, il limite di breve periodo è stato rispettato; nel 2020 il limite è stato superato:

- a fine ottobre (306° giorno dell'anno: 24 ottobre) a Zalamella;
- a metà novembre (320° giorno: 14 novembre) a Rocca Brancaleone;
- a fine novembre (333° giorno: 27 novembre) a Caorle, e
- a metà dicembre (354° giorno: 18 dicembre) a Delta Cervia.

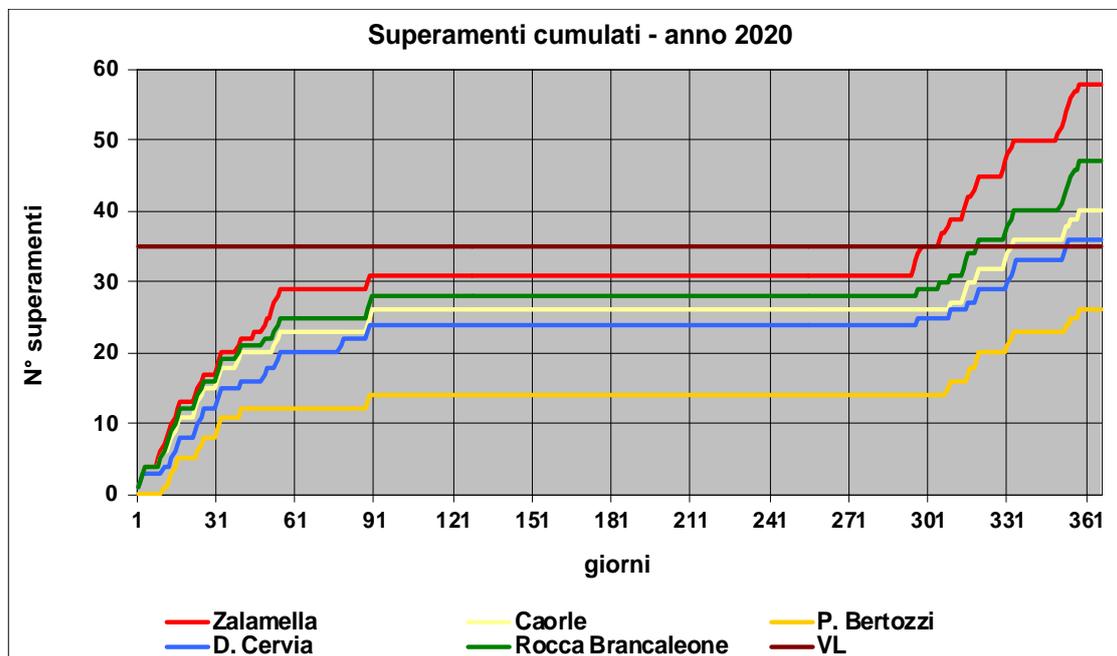


Figura 4.19 – PM10 Superamenti cumulati - Area Urbana e Sub Urbana Stazioni RRQA + Stazione Locale di Rocca Brancaleone (Ind/Urb)

Le medie mensili di PM10 (Figure 4.20 e 4.21), come prevedibile, sono più elevate nei mesi invernali con concentrazioni, a gennaio, febbraio e novembre, superiori a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in diverse stazioni. In generale le concentrazioni più basse sono state misurate a Parco Bertozzi (Fondo urbano), Caorle (Fondo urbano – residenziale) e Rocca Brancaleone (Industriale/urbano) nei mesi primaverili-estivi. Non sono state rilevate riduzioni significative da collegare al periodo di lockdown, anche perché le restrizioni legate alla pandemia sono concomitanti ai mesi in cui normalmente si ha già una diminuzione dei valori di particolato.

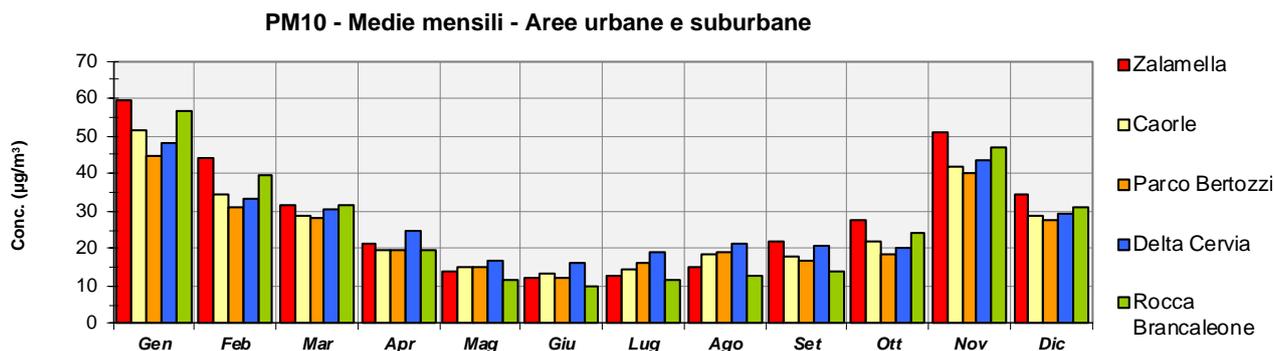


Figura 4.20 – PM10 medie mensili Area Urbana e Sub Urbana – Stazioni RRQA + Stazione Locale di Rocca Brancaleone (Ind/Urb) anno 2020

Anche in area portuale (Porto San Vitale - Figura 4.21) si evidenzia una certa “stagionalità” della concentrazione di particolato: l’andamento è simile a quello della stazione urbana/industriale di Rocca Brancaleone anche se la diminuzione è meno evidente in quanto il contributo delle emissioni legate alle attività insediate nel porto (costanti nel corso dell’anno), si sovrappone alla variabilità legata alla meteorologia.

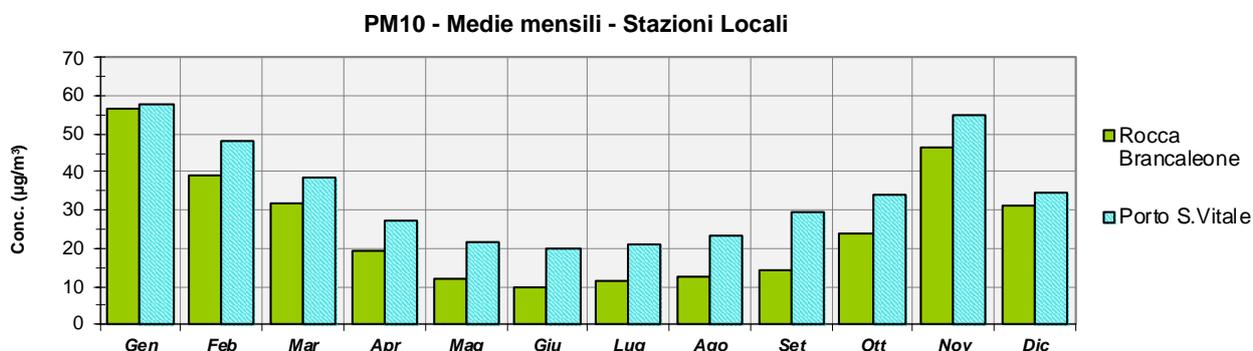


Figura 4.21 – PM10 medie mensili Area Industriale/Portuale – Stazioni Locali Industriali – anno 2020

Infine, la Tabella 4.16 riporta alcuni parametri relativi al PM10, calcolati a partire dal 2015.

Tabella 4.16 - Andamento temporale PM10 dal 2015 al 2020 (dati giornalieri in µg/m<sup>3</sup>)

**Stazione: Zalamella**

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	29	25	28	26	30	29
50°Percentile	23	20	21	23	25	20
90°Percentile	52	45	56	46	58	63
95°Percentile	73	57	66	55	68	74
98°Percentile	83	72	80	62	76	89
Max	97	114	120	83	88	124
> 50 µg/m <sup>3</sup>	40	26	53	22	51	58
% dati validi	99	99	99	98	99	99

**Stazione: Caorle**

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	30	25	28	26	26	26
50°Percentile	24	21	22	23	22	19
90°Percentile	53	45	54	45	50	51
95°Percentile	76	59	63	55	57	64
98°Percentile	87	70	85	64	68	75
Max	107	98	117	87	79	117
> 50 µg/m <sup>3</sup>	42	22	46	22	33	40
% dati validi	95	97	98	96	94	98

**Stazione: Parco Bucci (fino al 2015) e Parco Bertozzi (dal 2016)**

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	24	21	24	22	24	24
50°Percentile	20	17	18	20	20	19
90°Percentile	42	39	43	37	41	44
95°Percentile	53	47	54	47	53	59
98°Percentile	62	56	72	58	60	77
Max	78	88	150	75	73	110
> 50 µg/m <sup>3</sup>	19	16	22	11	20	26
% dati validi	94	98	98	95	96	97

**Stazione: Delta Cervia**

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	27	25	26	25	26	27
50°Percentile	25	21	22	23	23	22
90°Percentile	47	45	45	43	46	51
95°Percentile	66	55	58	49	59	62
98°Percentile	74	70	73	59	68	77
Max	92	86	114	82	79	112
> 50 µg/m <sup>3</sup>	32	20	26	15	28	36
% dati validi	94	94	97	97	98	98

**Stazione: Rocca Brancaleone**

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	30	26	29	27	27	26
50°Percentile	25	22	22	23	22	17
90°Percentile	55	46	59	47	53	58
95°Percentile	78	62	73	58	64	71
98°Percentile	93	75	89	72	70	86
Max	113	123	132	89	81	128
> 50 µg/m <sup>3</sup>	45	29	52	30	43	47
% dati validi	98	98	99	99	97	99

**Stazione: Porto San Vitale**

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	40	46	41	39	37	34
50°Percentile	35	41	36	37	32	29
90°Percentile	69	74	68	60	61	60
95°Percentile	92	85	84	71	72	72
98°Percentile	106	130	105	81	85	82
Max	114	174	132	113	188	112
> 50 µg/m <sup>3</sup>	80	108	96	83	75	69
% dati validi	99	97	99	99	98	99

## 4.8 Particolato PM2.5

Con il termine particolato ultrafine 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: 10 µg/m<sup>3</sup> come media annuale e 25 µg/m<sup>3</sup> 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 ultrafine (PM2.5)	2015 – 2020		

Il PM2.5, data la sua origine è prevalentemente secondaria, si misura nelle stazioni di Fondo urbano e rurale. A Ravenna è misurato anche nella stazione Locale industriale di Porto San Vitale. Nel 2020 il valore limite della media annuale del PM2.5 (25 µg/m<sup>3</sup>) è stato rispettato in tutte le postazioni, così come il “limite indicativo” (20µg/m<sup>3</sup>): situazione da consolidare, e possibilmente migliorare, anche nei prossimi anni, considerato l'impatto che l'inquinante ha sulla salute.

I valori più elevati si sono registrati nella stazione Locale industriale di Porto San Vitale e in quella di Fondo urbano di Caorle (influenzata dalle ricadute dell'area portuale/industriale). 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.

<b>PM2.5</b> [L.Q. = 3 µg/m <sup>3</sup> ]				<b>Concentrazioni in µg/m<sup>3</sup></b>		<b>Limite Normativo</b>	<b>Limite indicativo</b>
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<i>25 µg/m<sup>3</sup></i> <i>Rif. OMS: 10 µg/m<sup>3</sup></i>	<i>20 µg/m<sup>3</sup></i>
						<i>Media anno</i>	<i>Media anno</i>
<b>Ballirana</b>	Alfonsine	Fondo Rurale	99	<3	72	18	18
<b>Parco Bertozzi</b>	Faenza	Fondo Urbano	98	<3	87	15	15
<b>Caorle</b>	Ravenna	Fondo Urbano Res	98	3	90	19	19
<b>Porto San Vitale</b>	Ravenna	<b>Locale Industriale</b>	99	3	82	20	20

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

Nelle stazioni della Rete regionale di Ravenna il PM2.5 viene monitorato nelle centraline di Fondo Urbano (Parco Bertozzi), Fondo Urbano Residenziale (Carole) e Fondo Rurale (Ballirana), oltre che nella Stazione Locale Industriale (Porto San Vitale).

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/m<sup>3</sup>;
- 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/m<sup>3</sup> e delle verifiche effettate 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*”.

Nel 2020, nella rete di Ravenna, in tutte le stazioni è rispettato sia il valore limite della media annuale (25 µg/m<sup>3</sup>), sia il “limite indicativo” (20µg/m<sup>3</sup>).

Non è invece rispettato in nessuna postazione il valore guida dell’OMS, più restrittivo (10 µg/m<sup>3</sup>).

Di seguito si riporta il grafico con le medie mensili (Figura 4.22): solo nei mesi estivi (maggio, giugno e luglio) le concentrazioni nelle stazioni di fondo sono inferiori a 10 µg/m<sup>3</sup>.

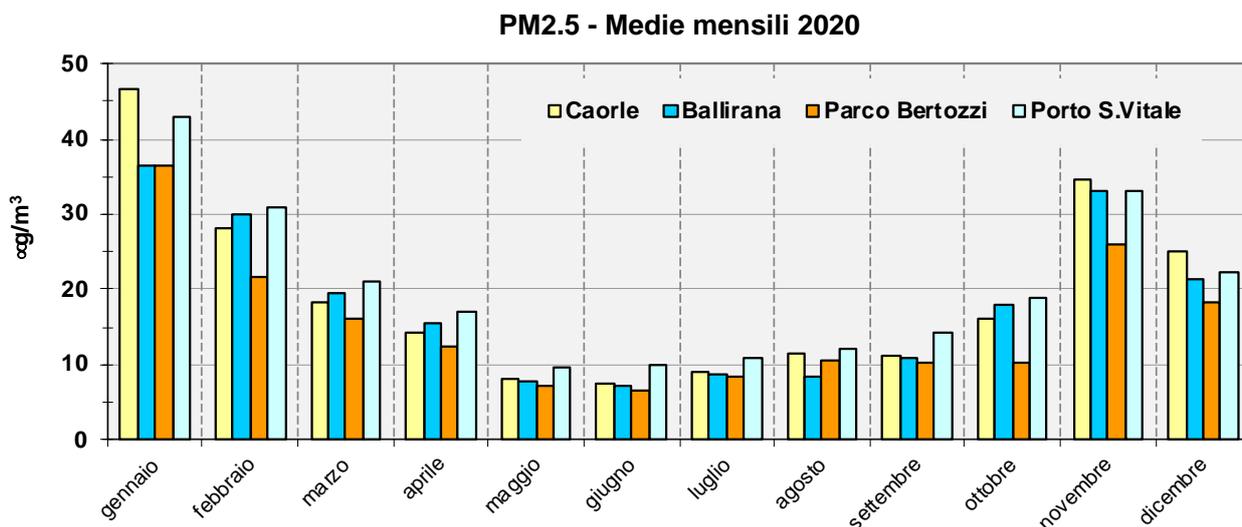


Figura 4.22 – PM2.5: medie mensili 2020

In Figura 4.23a sono riportate le medie annuali rilevate dal 2015 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 tre anni, nessuna stazione ha superato né il limite normativo né quello indicativo, mentre il valore dell'OMS continua ad essere superato abbondantemente in tutte le postazioni. Indicativo, anche se non costituisce un limite di legge, è il numero di superamenti della media giornaliera di  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  calcolato per gli ultimi sei anni (Figura 4.23b): a fronte di una certa stabilizzazione delle concentrazioni medie annuali, si registra – in particolare nel 2020, rispetto ai due anni precedenti - un numero maggiore di giorni con medie giornaliere superiori a  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

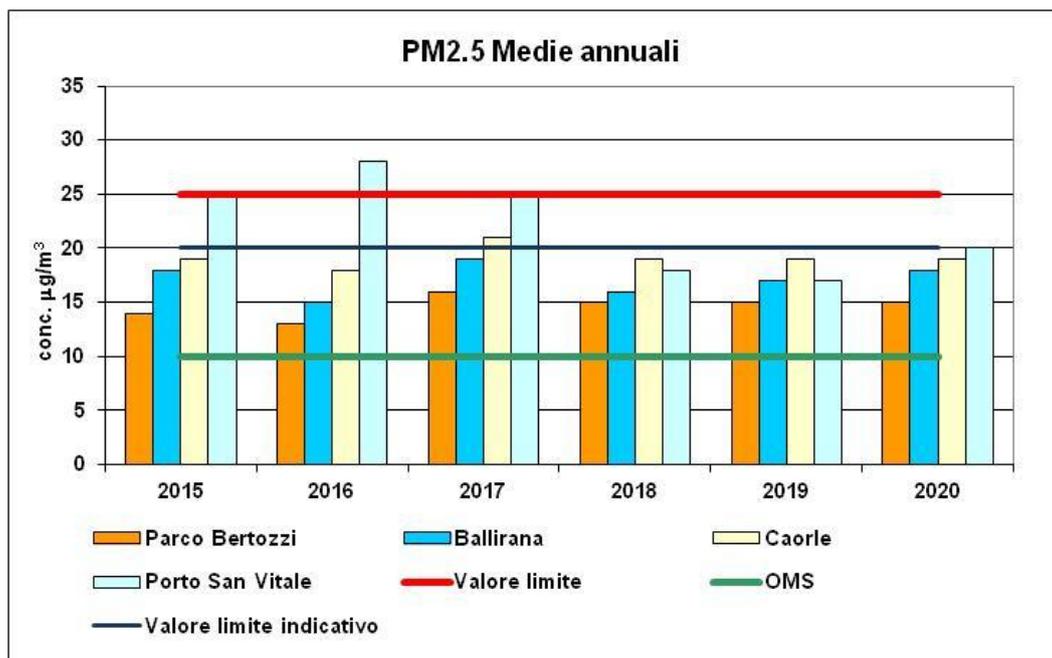


Figura 4.23a – PM2.5: medie annuali nell'intervallo 2015 - 2020

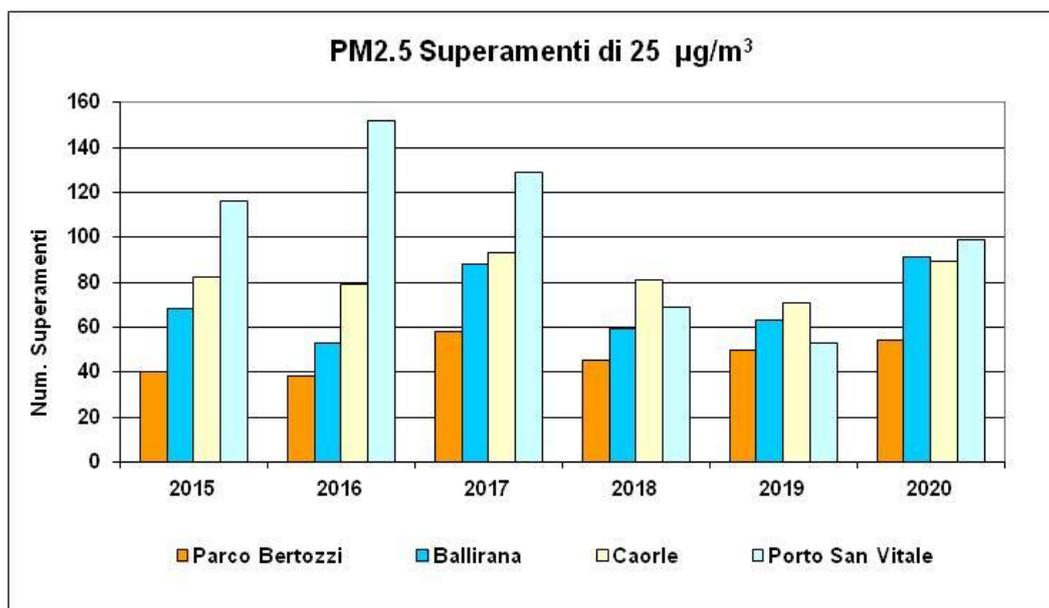


Figura 4.23b – PM2.5: N° superamenti della media giornaliera di 25 µg/m<sup>3</sup> nell'intervallo 2015 - 2020

Figura 4.23 – PM2.5: medie annuali e superamenti della media giornaliera di 25 µg/m<sup>3</sup> nell'intervallo 2015 - 2020

Nelle stazioni di Parco Bertozzi, Caorle e Porto San Vitale lo stesso strumento permette la contestuale misurazione di particolato PM10 e PM2.5 (SWAM – DualChannel): dal rapporto percentuale giornaliero delle concentrazioni delle due frazioni granulometriche, PM2.5/PM10, per ogni stazione è stata calcolata, e riportata in grafico, la media mensile (Figura 4.24).

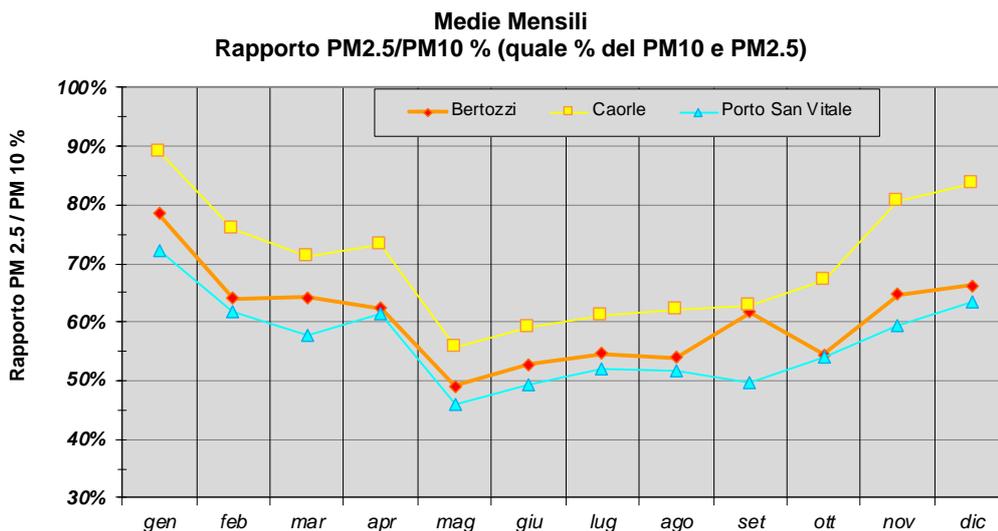


Figura 4.24 Rapporto PM2.5/PM10: medie mensili 2020

Dagli andamenti del rapporto si osserva una spiccata stagionalità, più marcata, nella stazione di Fondo Urbano Residenziale (Caorle): la quota di particolato fine (PM 2.5) è maggiore nei mesi invernali quando oltre il 70% 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.

Per la stazione di Caorle la lettura di questo grafico induce a supporre che in questa stazione, al PM2.5 primario (che si produce in zona portuale) si sovrapponga una significativa componente secondaria che si origina sempre in ambito industriale/portuale da precursori qui emessi.

Infine, la Tabella 4.17 bis riporta alcuni parametri statistici relativi al PM 2.5, calcolati a partire dal 2015.

Tabella 4.17 bis - Andamento temporale PM2.5 dal 2015 al 2020 (dati giornalieri in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**Stazione: Parco Bucci (fino al 2015) e Parco Bertozzi (dal 2016)**

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	14	13	16	15	15	15
50°Percentile	11	10	11	12	12	10
90°Percentile	27	27	32	30	31	33
95°Percentile	35	33	41	35	41	42
98°Percentile	43	41	58	44	47	54
Max	48	64	127	61	65	87
> 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40	38	58	45	50	54
% dati validi	94	98	98	95	96	98

**Stazione: Ballirana**

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	18	15	19	16	17	18
50°Percentile	14	12	13	14	14	12
90°Percentile	39	30	41	31	36	40
95°Percentile	48	37	51	37	43	46
98°Percentile	58	55	60	45	51	55
Max	83	88	108	58	58	72
> 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	68	53	88	59	63	91
% dati validi	91	98	99	98	99	99

**Stazione: Caorle**

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Media	19	18	21	19	19	19
50°Percentile	14	13	14	16	14	13
90°Percentile	40	36	47	36	40	44
95°Percentile	57	48	56	45	51	53
98°Percentile	69	60	72	55	60	64
Max	88	91	115	72	68	90
> 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	82	79	93	81	71	89
% dati validi	95	98	98	96	94	98

**Stazione: Porto San Vitale**

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Media</b>	25	28	25	18	17	20
<b>50°Percentile</b>	20	23	19	17	15	15
<b>90°Percentile</b>	48	47	49	30	30	41
<b>95°Percentile</b>	68	60	59	36	37	48
<b>98°Percentile</b>	85	93	70	42	44	60
<b>Max</b>	98	145	108	62	57	82
<b>&gt; 25 µg/m<sup>3</sup></b>	116	152	129	69	53	99
<b>% dati validi</b>	99	96	99	99	98	99

## 4.9 Analisi sul particolato

Il particolato PM10 e PM2.5 raccolto sui filtri viene sottoposto ad analisi per la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici e dei metalli.

A Ravenna PM2.5 e PM10 vengono rilevati anche in tre stazioni ubicate in area industriale facenti parte della rete industriale privata. Sul particolato raccolto in queste stazioni dal 2013 viene effettuata una ricerca di PCB, Diossine e Furani, monitoraggio effettuato anche nel periodo 2004 – 2008.

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.

In particolare:

1. Metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del piombo.  
Il metodo di riferimento per il campionamento è descritto nella norma UNI EN 12341:1999 “Qualità dell'aria. Determinazione del particolato in sospensione PM10. Metodo di riferimento e procedimento per prove in campo atte a dimostrare l'equivalenza dei metodi di misurazione rispetto al metodo di riferimento”.  
Il metodo di riferimento per la misurazione è descritto nella norma UNI EN 14902:2005 “Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM10 del particolato in sospensione”.
2. Metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione dell'arsenico, del cadmio e del nichel nell'aria ambiente.  
Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione è descritto nella norma UNI EN 14902:2005 “Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM10 del particolato in sospensione”.
3. Metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del benzo(a)pirene nell'aria ambiente.  
Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del benzo(a)pirene è descritto nella norma UNI EN 15549:2008 “Qualità dell'aria. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzo(a)pirene in aria ambiente”.
4. Metodo di riferimento per l'analisi di PCB Diossine e Furani nell'aria ambiente.  
La determinazione di Diossine e Furani viene effettuata secondo il metodo EPA 1613, utilizzando uno spettrometro di massa in Alta Risoluzione. Il metodo prevede l'aggiunta di composti marcati per valutare sia il recupero del metodo che eventuali anomalie in fase di iniezione. La determinazione di PCB viene effettuata con un metodo interno, utilizzando uno spettrometro di massa in Triplo Quadrupolo con tecnica Massa/Massa.

## 4.9.1 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/m<sup>3</sup> in area rurale e fra 0,5 e 3 ng/m<sup>3</sup> 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	2015 - 2020		

Nel 2020 il valore obiettivo di 1 ng/m<sup>3</sup> come media annuale della concentrazione del Benzo(a)pirene, valido a partire dal 2012, è stato rispettato in tutte le stazioni.

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.

<b>IPA</b> Concentrazione di inquinante nella frazione PM10				Medie mensili di benzo(a)pirene in ng/m <sup>3</sup>		Limiti Normativi
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza%	Minimo	Massimo	1 ng/m <sup>3</sup>
						Media annuale Benzo(a)pirene
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	98	<0.1	1.4	0.2
Parco Bertozzi	Faenza	Fondo Urbano	97	<0.1	0.9	0.2
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	98	<0.1	0.5	0.1
Zalamella	Ravenna	Traffico	99	<0.1	0.9	0.2
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	99	<0.1	1.1	0.2
San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	<0.1	0.7	0.1

Tabella 4.18 – IPA sul 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/m<sup>3</sup>), rilevate nelle postazioni della provincia, negli ultimi 5 anni. Le medie annuali del 2020 sono più basse rispetto a quelle rilevate nel 2019 per tutte le stazioni, eccetto per Delta Cervia dove si registra un lieve aumento. In generale, comunque, i valori sono in linea con quelli degli anni precedenti e sempre abbondantemente inferiori al limite normativo di 1 ng/m<sup>3</sup>.

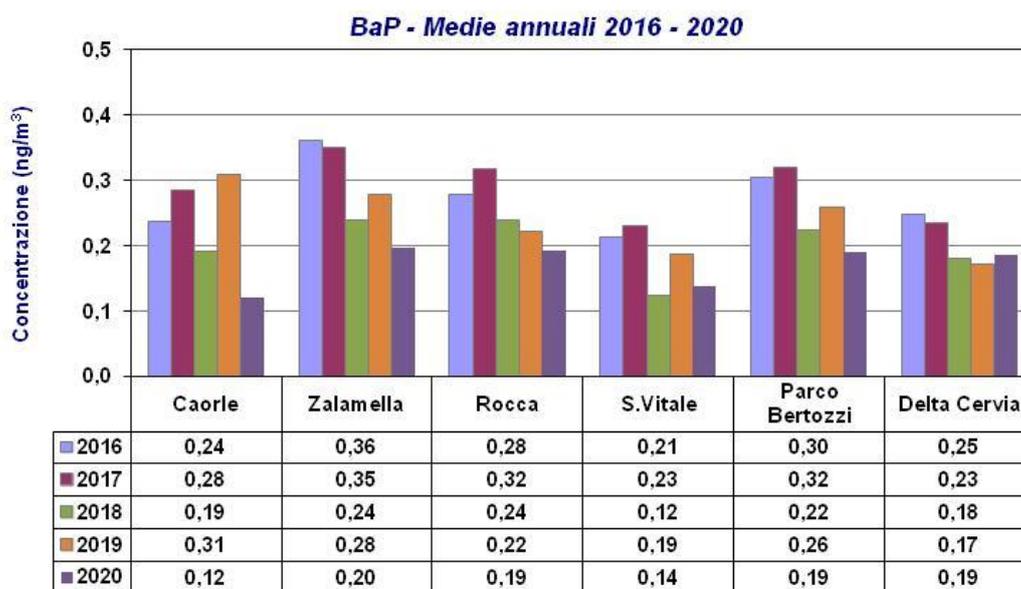


Figura 4.25 – Concentrazioni medie annuali BaP – anni 2016 – 2020

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 (1,4 ng/m<sup>3</sup>) a Delta Cervia nel mese di gennaio).

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.

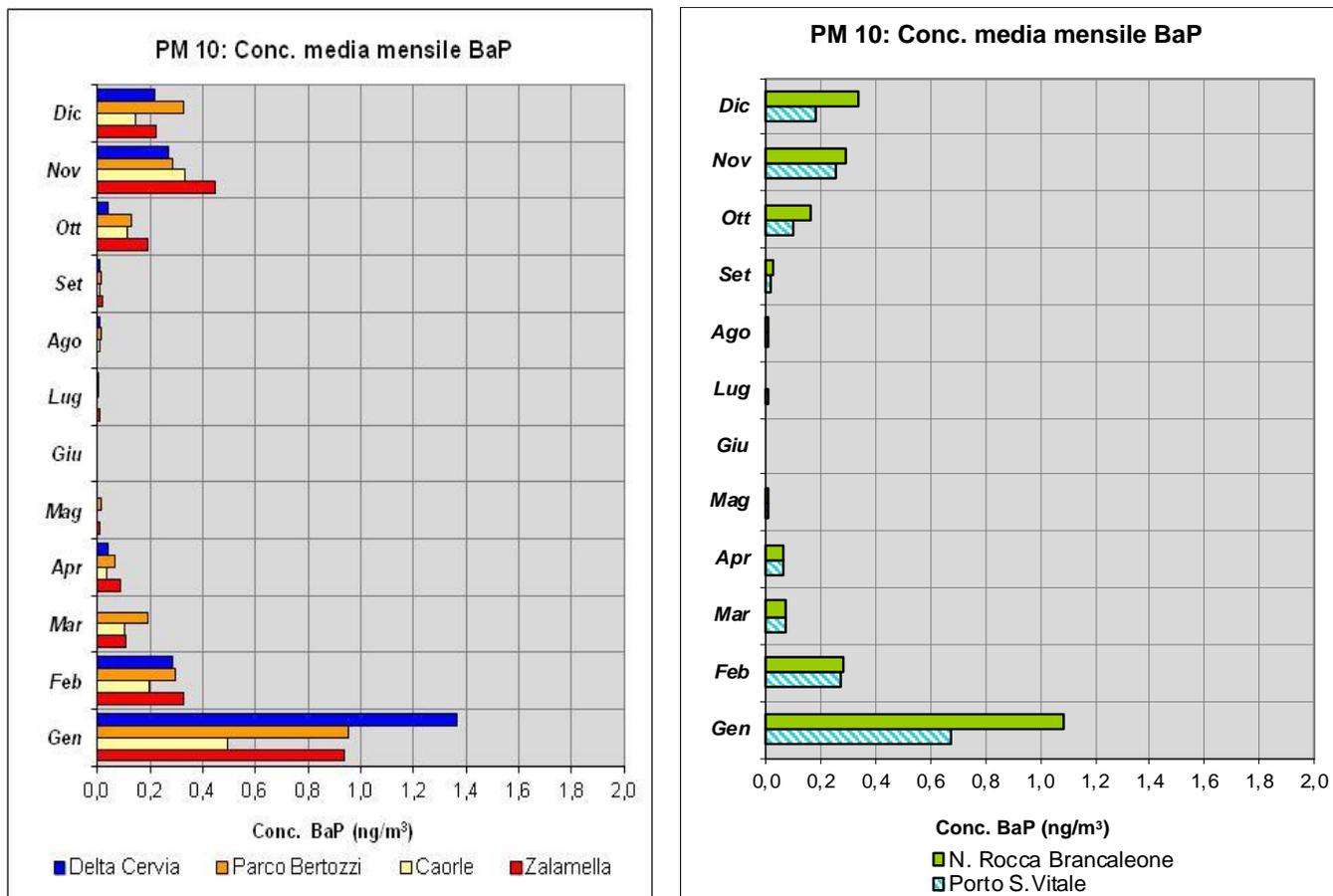
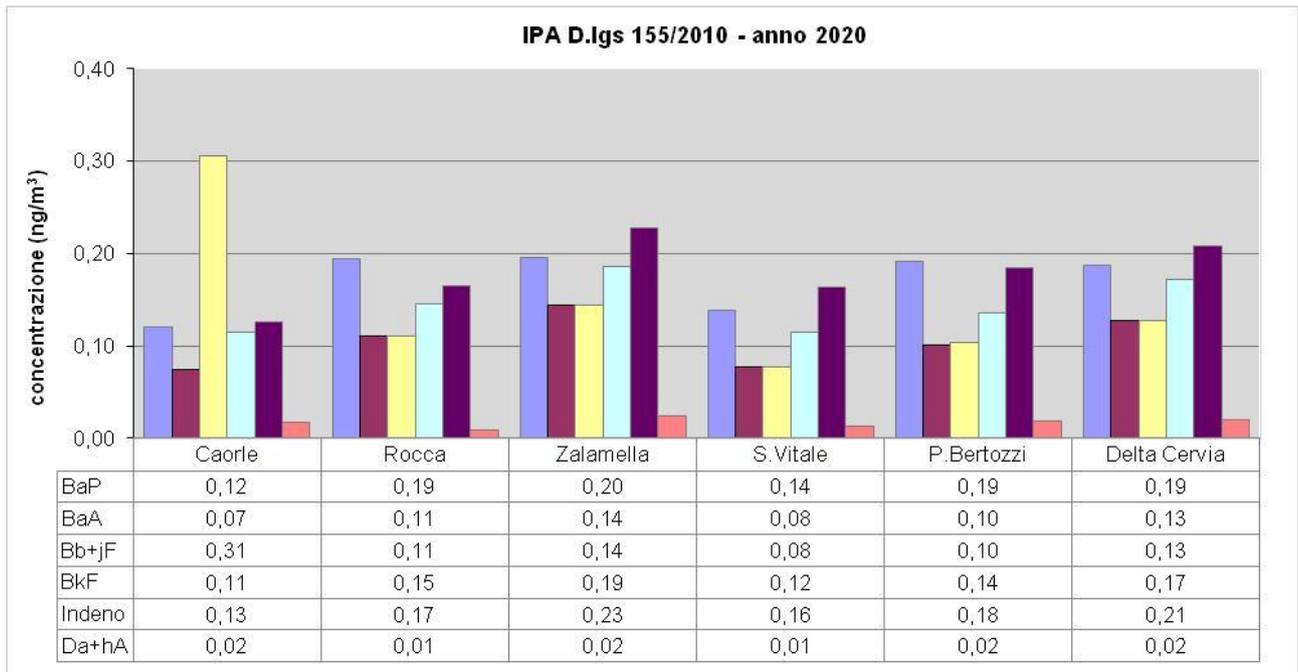


Figura 4.26 – Andamento temporale delle concentrazioni medie mensili di BaP nel PM10 nel 2020 - Stazioni urbane e di fondo (a sinistra) e in stazioni locali industriali (a destra)

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, in tutte le postazioni, sono le concentrazioni di dibenzo(a,h + a,c)antracene, anch'esso classificato dallo IARC come 2B.

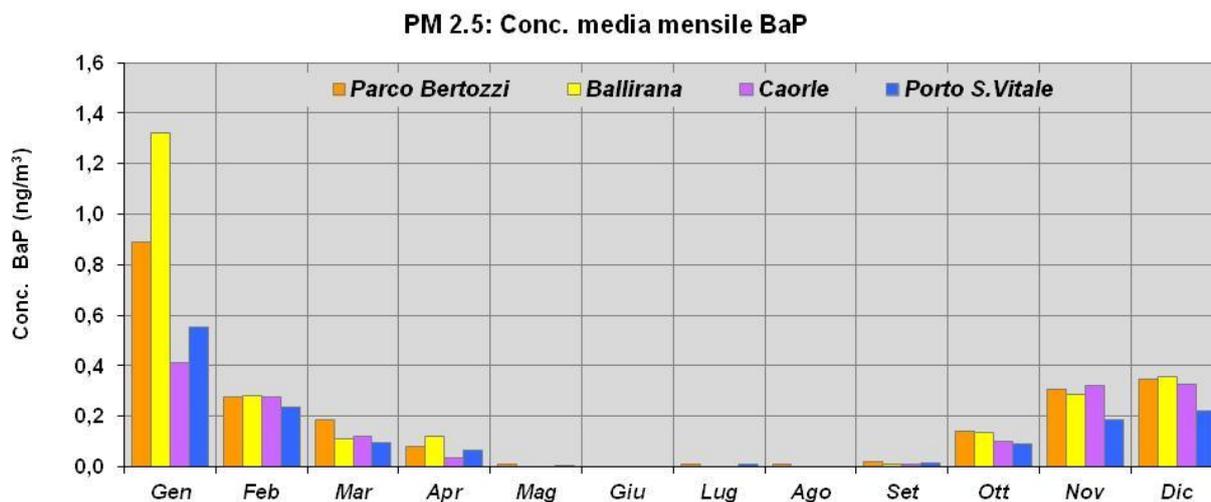


**Figura 4.27 – Media annuale sul particolato PM10 (2020) degli IPA indicati dal D.lgs. 155/2010 - postazioni della rete di controllo della qualità dell'aria**

#### 4.9.1.1 - IPA nel PM2.5 e rapporto PM10/PM2.5

Dal 2009 gli IPA vengono rilevati anche sul particolato PM2.5: inizialmente solo a Ballirana (dove si misura solo il PM2.5) e a Parco Bertozzi (dove si rileva anche il PM10) poi, dal 2014, anche nelle stazioni di Caorle e Porto San Vitale dove si misura sia il PM10 che il PM2.5.

La Figura 4.28 riporta, per l'anno 2020, la concentrazione media mensile di B(a)P nel PM2.5 nelle quattro stazioni. La concentrazione media mensile più alta (1,3 ng/m<sup>3</sup>) si registra nel mese di gennaio a Ballirana. Anche per il PM 2.5 – come per il PM10 - le medie mensili di BaP hanno un andamento stagionale, con concentrazioni maggiori nel periodo invernale e concentrazioni inferiori al limite di quantificazione nel periodo estivo.



**Figura 4.28 – Andamento temporale delle concentrazioni medie mensili di BaP sul PM2,5 Anno 2020**

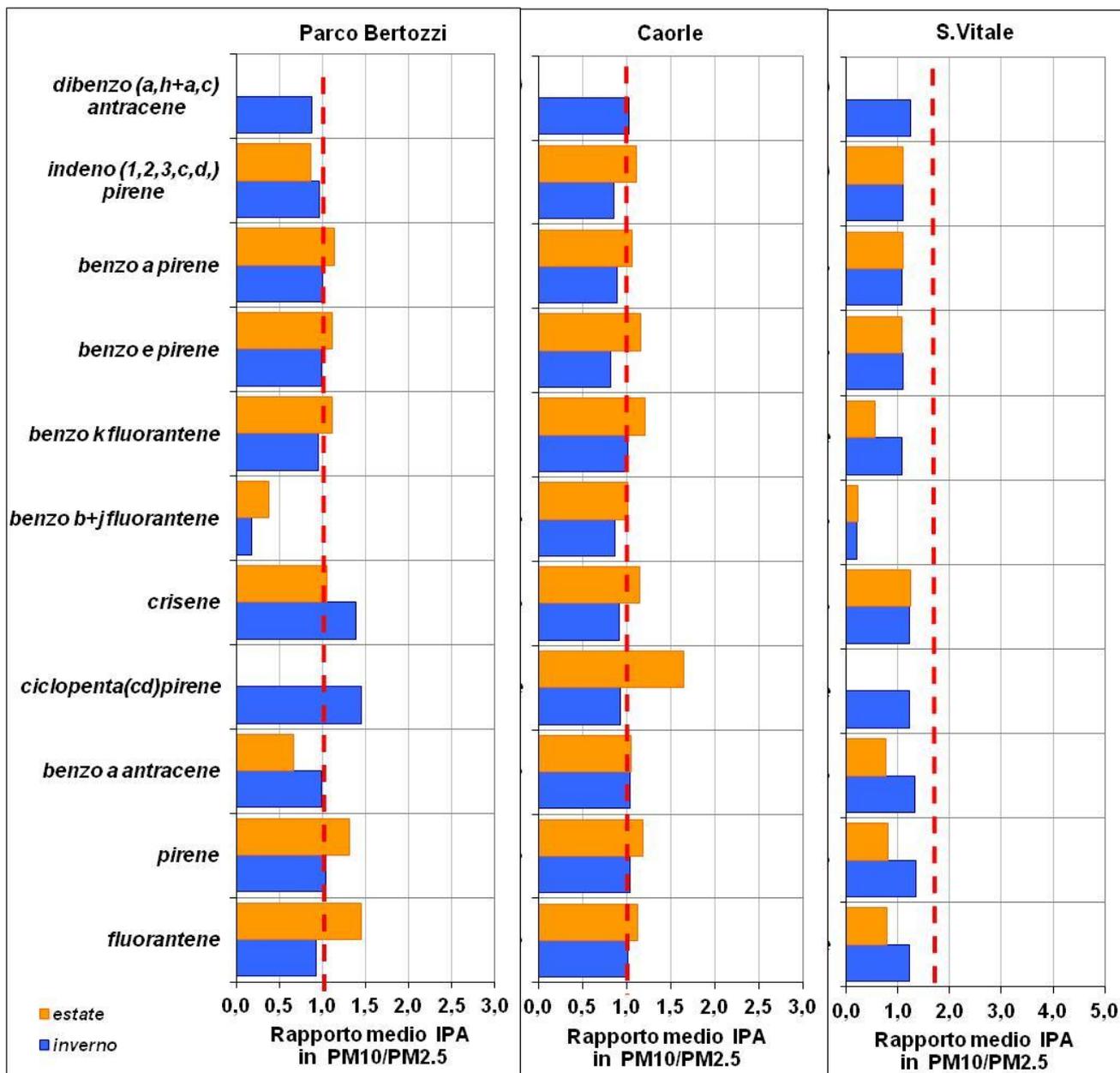
Per le stazioni in cui si misura contestualmente PM10 e PM2.5 (Parco Bertozzi, Caorle e Porto San Vitale), è stato calcolato anche il rapporto fra le concentrazioni assolute (ng di IPA/g di particolato) nelle due frazioni granulometriche. Considerata la significativa variabilità stagionale, si è scelto di rappresentare il rapporto (concentrazione nella frazione PM10/concentrazione nella frazione PM2.5) calcolato come media dei 6 mesi “invernali” (primo e ultimo trimestre dell’anno) e dei 6 mesi “estivi”, da aprile a settembre. Un valore di tale rapporto superiore ad 1 indica un maggiore adsorbimento dell’IPA in esame sul particolato PM10 rispetto alla frazione più fine, mentre un valore inferiore ad 1 evidenzia un adsorbimento maggiore sul particolato PM2.5.

In Figura 4.29 è riportato il risultato di tale elaborazione per l’anno 2020.

In tutte le stazioni considerate, nella maggior parte dei casi, si evidenzia un adsorbimento maggiore sul particolato PM2.5 sia nel periodo invernale sia in quello estivo. In particolare:

- nella stazione Locale di Porto San Vitale (area industriale), il rapporto è sempre <1, sia nei mesi invernali sia in quelli estivi.
- nella stazione di Caorle i valori di tutti i composti sono < 1 in inverno e oscillano intorno ad 1 nella stagione estiva;
- nella stazione di Fondo Urbano di Faenza, Parco Bertozzi, si rilevano valori < 1 nei mesi invernali, ma non per crisene e ciclopenta(c,d)pirene che hanno un rapporto > 1; valori > 1 si misurano anche nella stagione estiva, ad eccezione di indeno(1,2,3,c,d)pirene, benzo(b+j)fluorantene e benzo(a)antracene);

I rapporti di Parco Bertozzi sono simili a quelli di Caorle, ma e più alti rispetto alla stazione locale di Porto San Vitale.



**Nota:** non sono riportati i dati relativi al periodo estivo (istogramma arancione), di:  
*Idibenzo(a,h+a,c)antracene* per le stazioni di Parco Bertozzi, Caorle e Porto San Vitale e  
*ciclopenta(c,d)pirene* per Parco Bertozzi e Porto San Vitale  
 in quanto inferiori al limite di quantificazione strumentale,

Figura 4.29 – Rapporto “ng IPA per ogni g PM10 / ng IPA per ogni g PM2.5” - Anno 2020

#### 4.9.1.2 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”.

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	0.5-06	Traffic emission	Pandey et al. (1999); Park et al. (2002); Pandey et al. (1999)
	>1.25	Brown coal <sup>b</sup>	
Indeno[1,2,3-cd]pyrene/benzo[ghi]perylene	<0.4	Gasoline	Caricchia et al. (1999)
	~1	Diesel	
CPAHs/TPAHs <sup>a</sup>	~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	
	~1	Gasoline engine	
Fluoranthene/pyrene	0.6	Vehicle	Neilson (1998)

<sup>a</sup>Sum 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.  
<sup>b</sup>Used 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 2020 a Ravenna, di:

- $\text{indeno}(1,2,3, c, d) \text{ pirene} / (\text{indeno}(1,2,3,c,d)\text{pirene} + \text{benzo}(g,h,i)\text{perilene})$
  - $\text{BaP} / (\text{BaP} + \text{crisene})$ .
- (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		2020	autunno ed inverno 2020	2020	autunno ed inverno 2020
Rocca	PM10	0,42	0,41	0,52	0,52
Caorle	PM10	0,48	0,48	0,53	0,55
	PM2.5	0,49	0,48	0,54	0,55
Zalamella	PM10	0,47	0,47	0,46	0,47
P. Bertozzi	PM10	0,47	0,46	0,51	0,51
	PM2.5	0,46	0,46	0,57	0,58
Cervia	PM10	0,45	0,45	0,51	0,52
Ballirana	PM2.5	0,49	0,49	0,51	0,51
San Vitale	PM10	0,54	0,56	0,50	0,46
	PM2.5	0,48	0,49	0,54	0,55

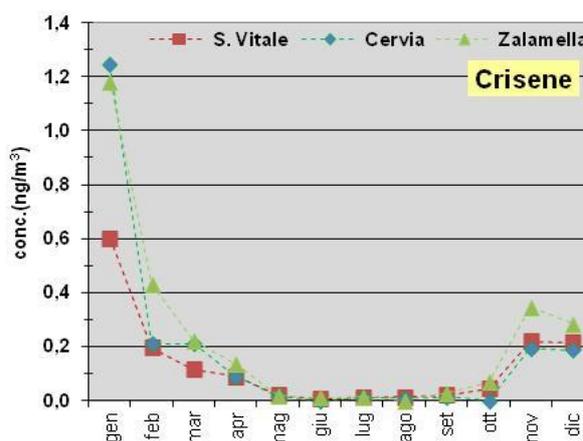
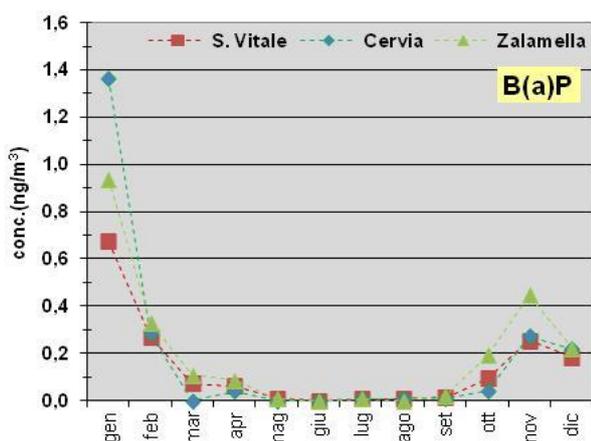
Tabella 4.20 – Rapporti diagnostici calcolati per le postazioni della provincia di Ravenna 2020

valore di riferimento	Traffico veicolare	0.35 ÷ 0.70	0.5 diesel	0.73 benzina
-----------------------	--------------------	-------------	------------	--------------

Il rapporto  $I(123cd)P / [I(123cd)P + B(ghi)Pe]$  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 e veicoli diesel.

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 in tre stazioni di riferimento: postazione di traffico urbano (Zalamella), industriale (San Vitale) e fondo suburbano (Delta Cervia) (Figura 4.30).



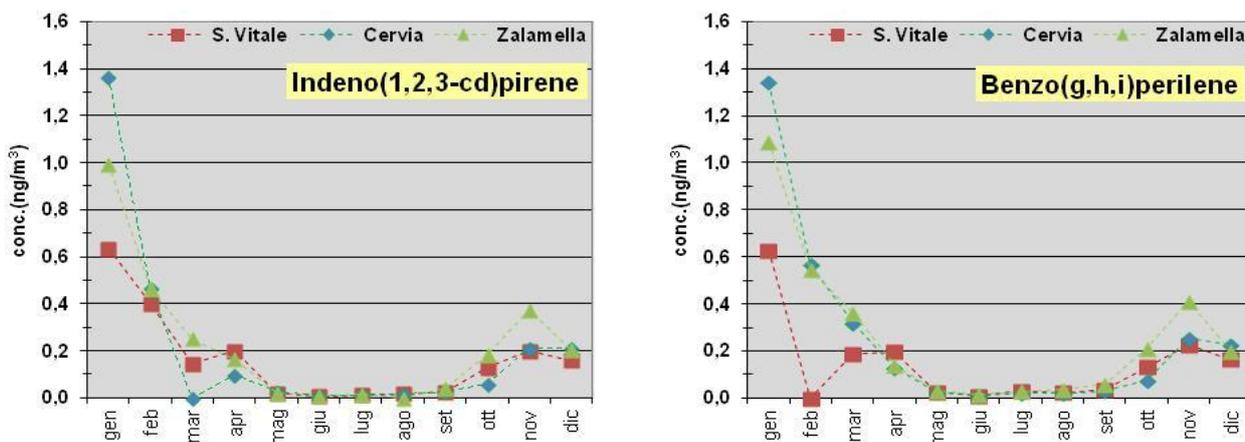


Figura 4.30 – Medie mensili degli IPA considerati nei rapporti diagnostici 2020

I due rapporti diagnostici del semestre invernale degli ultimi cinque anni – calcolati per le tre stazioni Zalamella, Delta Cervia e Porto San Vitale - sono riportati, come istogrammi, in Figura 4.31. Il primo rapporto risulta stabile intorno a 0,5, anche se nel 2020 si ha una leggera flessione a Zalamella e a Delta Cervia ed un leggero incremento a Porto San Vitale

Il rapporto BaP/(BaP+Crisene) risulta inferiore a 0,5 nel 2020 a Caorle e San Vitale. Il diminuito rapporto a San Vitale nel 2020 rispetto agli anni precedenti, può indicare una maggiore presenza di veicoli diesel in questa postazione. Nel 2020 il dato di Delta Cervia è in controtendenza: in aumento e leggermente superiore a 0,5.

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

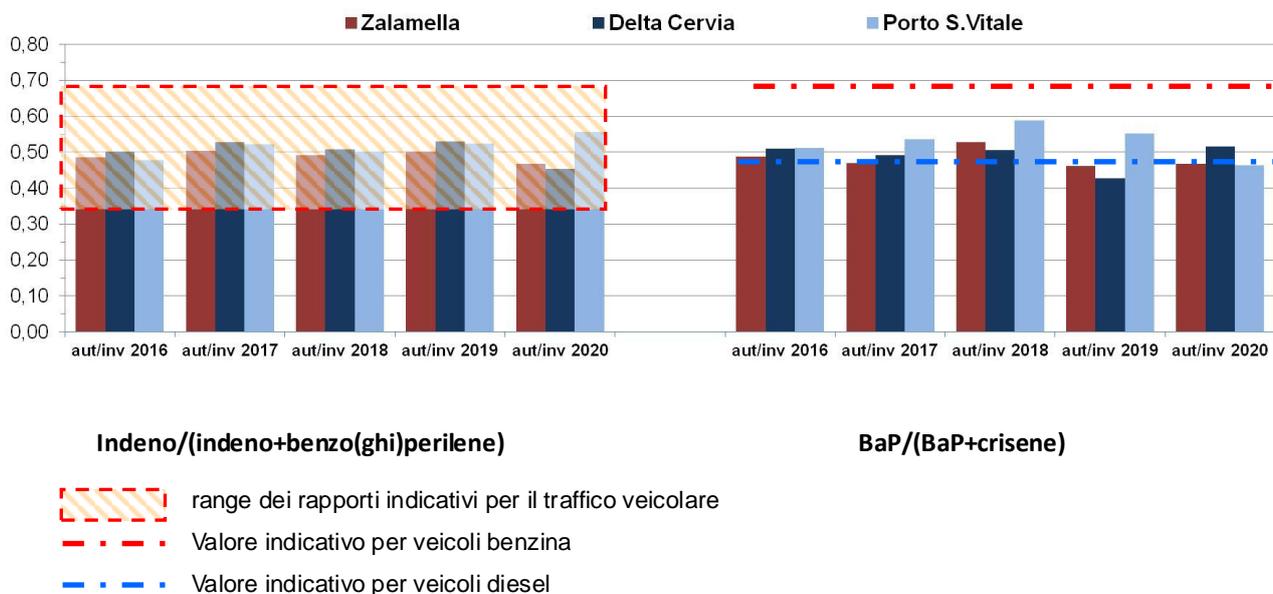


Figura 4.31 – Rapporti diagnostici, mesi invernali e autunnali 2016 – 2020

## 4.9.2 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 - 2020		

Per tutti i metalli, ricercati nel particolato nell'anno 2020, le concentrazioni medie risultano in linea con i dati rilevati negli anni precedenti, inferiori ai limiti di legge ed anche inferiori ai valori del 2019. 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.

<b>Metalli</b> 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 <sup>3</sup>	Cadmio (Cd) 5,0 ng/m <sup>3</sup>	Nichel (Ni) 20,0 ng/m <sup>3</sup>	Piombo (Pb) 0,5 µg/m <sup>3</sup> (500 ng/m <sup>3</sup> )
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	98	0,2	0,1	1,0	2,9
Parco Bertozzi	Faenza	Fondo Urbano	97	0,2	0,1	0,8	2,4
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	98	0,3	0,3	0,9	2,8
Zalamella	Ravenna	Traffico	99	0,3	0,6	1,0	3,2
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	99	0,3	0,2	0,9	3,0
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	0,4	0,1	1,3	3,4

Tabella 4.21 – Metalli sul particolato PM10 espressi in ng/m<sup>3</sup>: 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 a:

- la distribuzione dei metalli nelle diverse frazioni granulometriche del particolato campionato nell'area urbana di Bologna (*Progetto ARPA-EMR/UNIBO (PolveRE II) – Periodo 2004-2005*) in Fig 4.32;

e

- i 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).

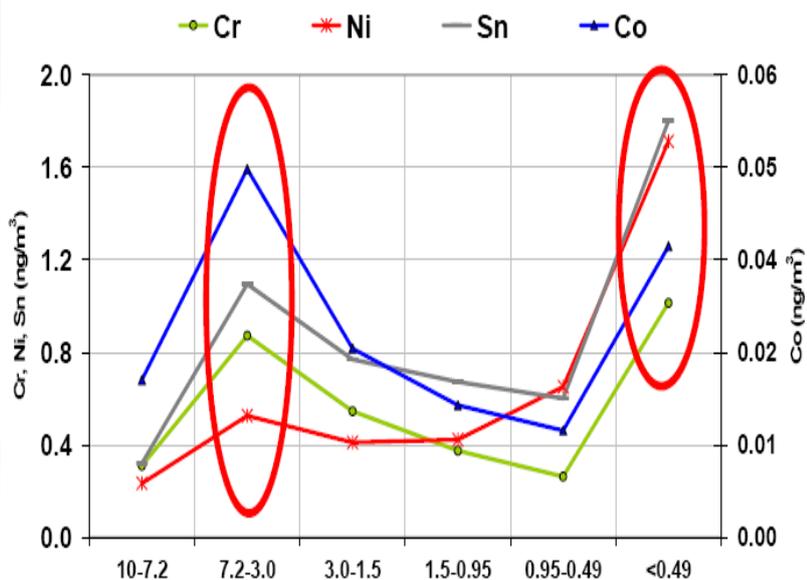


Figura 4.32 (a)-  
Concentrazione di metalli  
nelle varie frazioni  
dimensionali di aerosol (in  
ascissa)  
Progetto ARPA-EMR/UNIBO  
(Polvere II) –  
Periodo 2004-2005 - Bologna

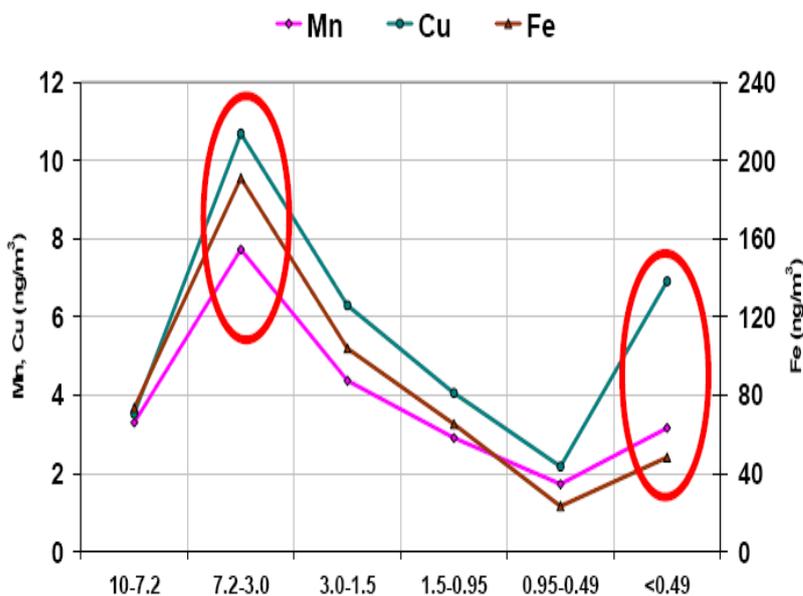
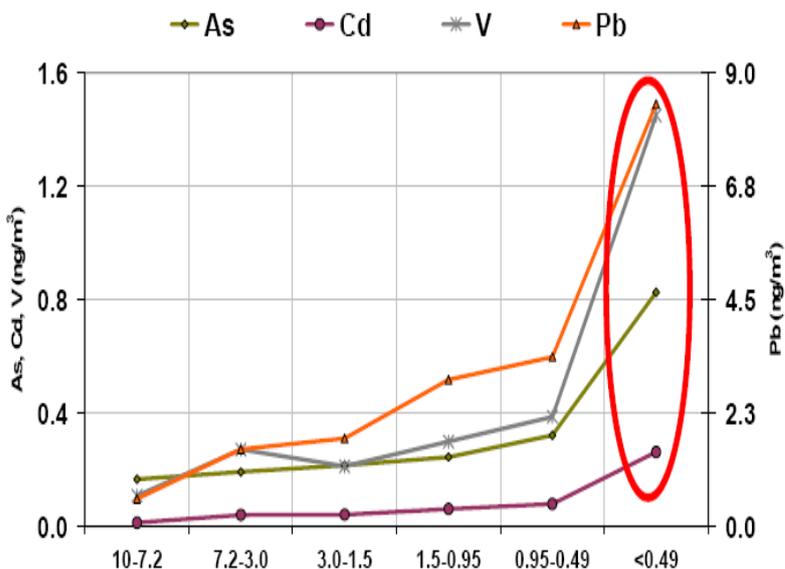


Figura 4.32 (b)-  
Concentrazione di metalli  
nelle varie frazioni  
dimensionali di aerosol (in  
ascissa)  
Progetto ARPA-EMR/UNIBO  
(Polvere II) –  
Periodo 2004-2005 -  
Bologna



Inquinante	ISS 1999-2000 <sup>(1)</sup>	ISS 2003 <sup>(2)</sup>	ISS 2004 <sup>(3)</sup>	Range italiano	Range europeo	Valore obiettivo
<b>Piombo</b>	68	21	10,1	6,3 - 210	10 -100	500
<b>Cadmio</b>	0,62	0,51	0,34	0,2 - 4	0,2 - 2,5	5
<b>Nichel</b>	6,6	6,2	4,8	3,3 - 35	1,4 -13	20
<b>Arsenico</b>	--	4,3	1,7	0,3 - 8,4	0,5 - 3	6

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/m<sup>3</sup>) di piombo, cadmio, nichel, arsenico nichel – Anni 2000 – 2004**

In Figura 4.33 sono rappresentate le medie annuali dei metalli ricercati sul particolato PM10 e PM2.5 nelle stazioni della provincia di Ravenna.

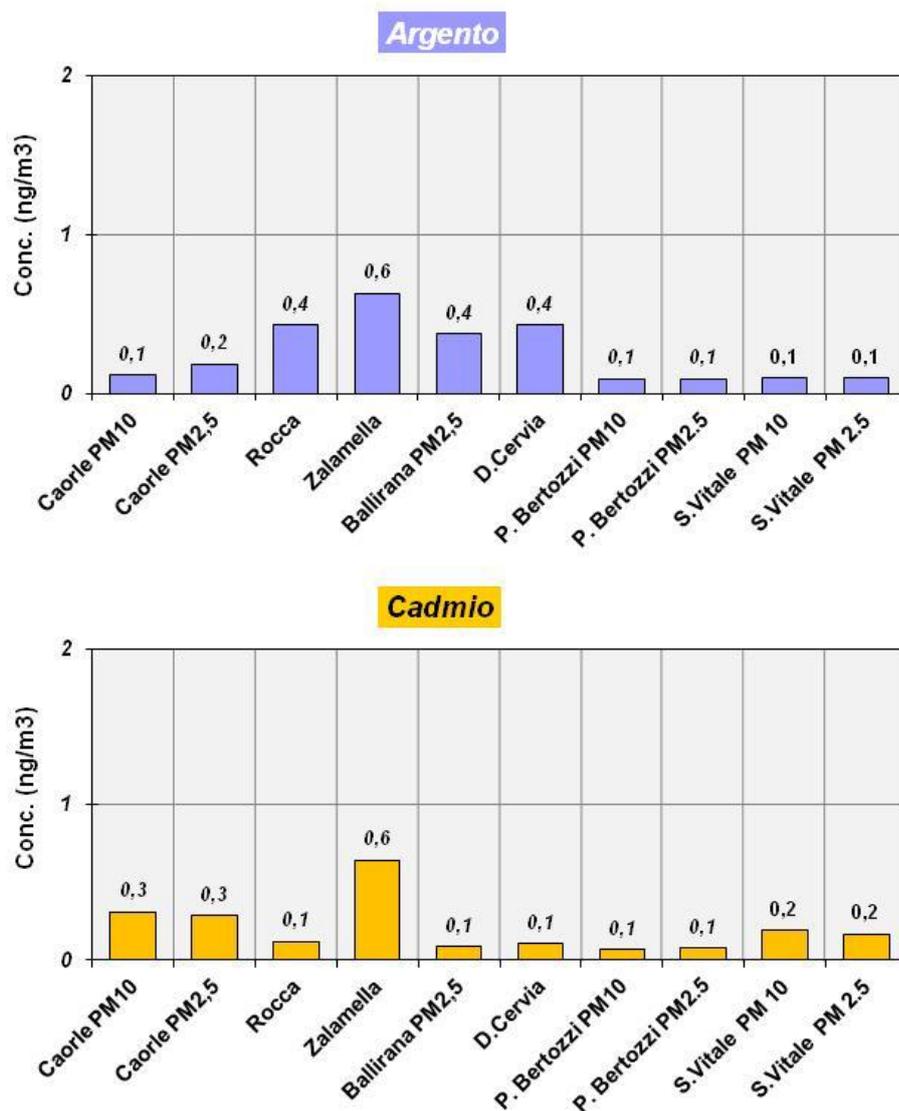


Figura 4.33  
Metalli:  
concentrazione  
media annuale sul  
particolato PM10 e  
PM2.5

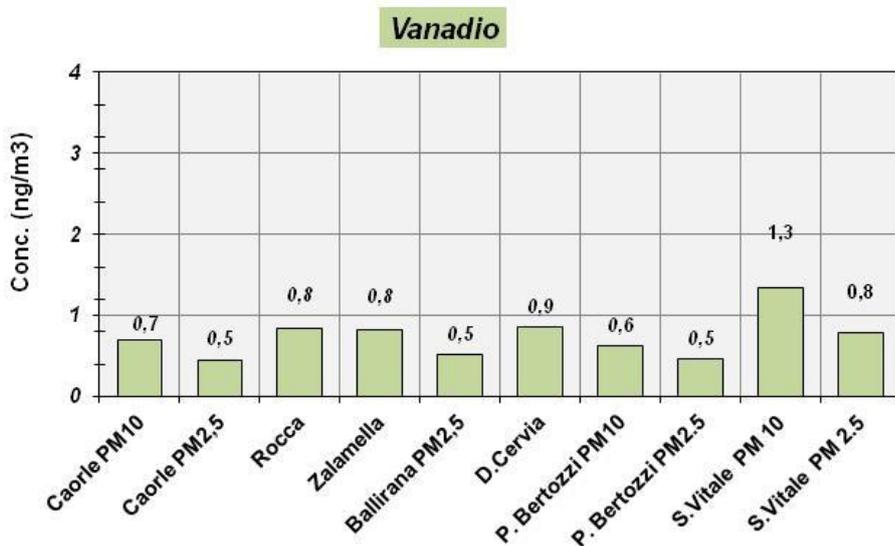
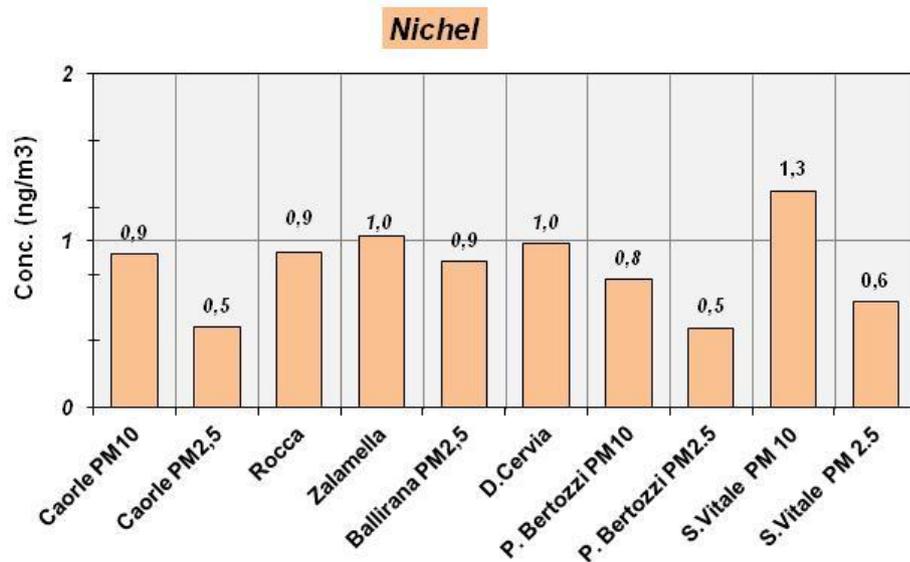
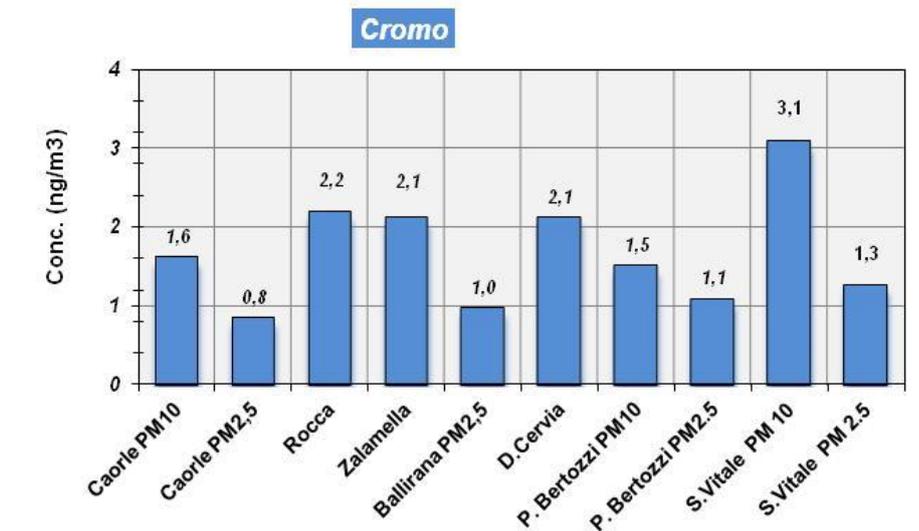
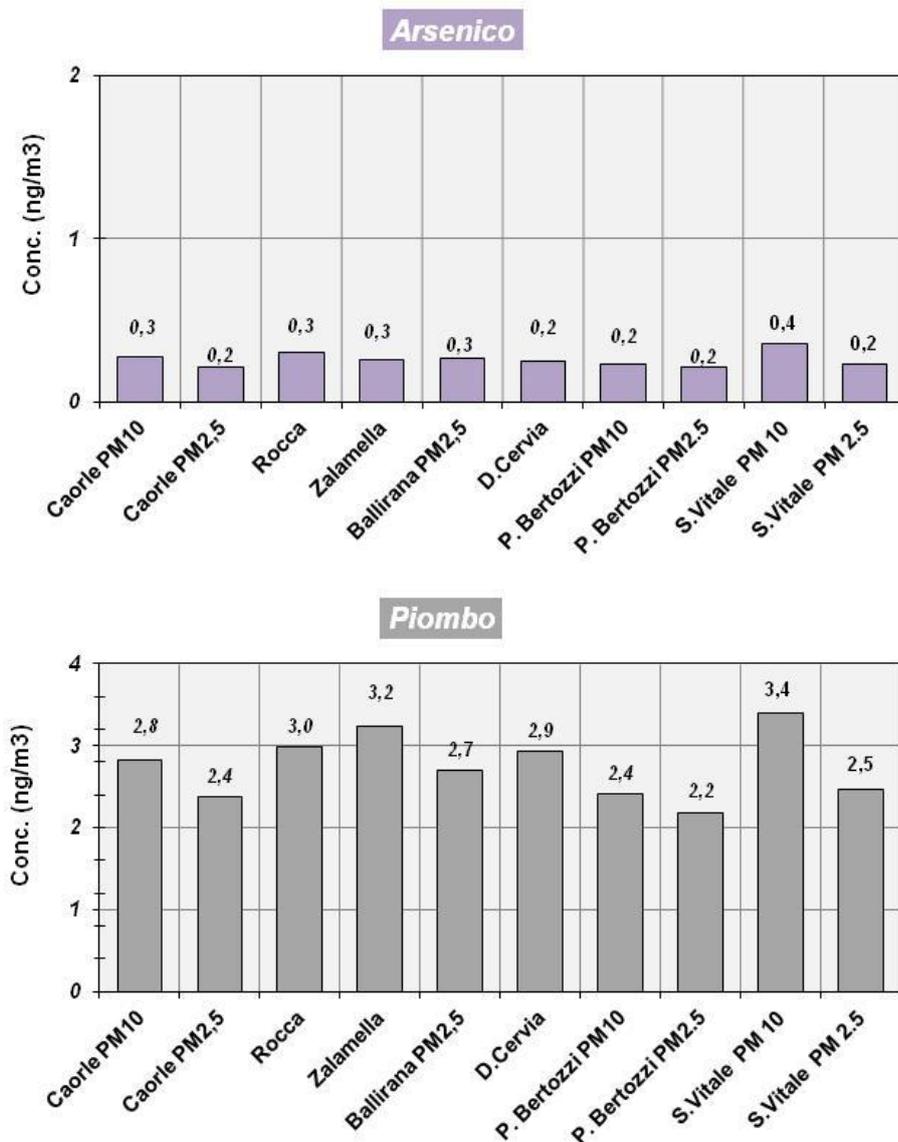


Figura 4.33  
Metalli:  
concentrazione media  
annuale sul  
particolato PM10 e  
PM2.5



**Figura 4.33**  
**Metalli:**  
 concentrazione media  
 annuale sul  
 particolato PM10 e  
 PM2.5

Come prevedibile, nelle stazioni in cui viene misurato sia il PM10 che il PM2.5, le concentrazioni di metalli sono superiori nella frazione granulometrica più grossolana (PM10).

Nelle Figure 4.34 (a) e 4.34 (b) sono riportati gli andamenti mensili di tutte le stazioni RRQA e locali. Si rileva una concentrazione maggiore di Cd nella stazione di Traffico urbano, Zalamella, nel mese di gennaio, seppure la media annuale di tale metallo sia inferiore al valore obiettivo (5 ng/m<sup>3</sup>).

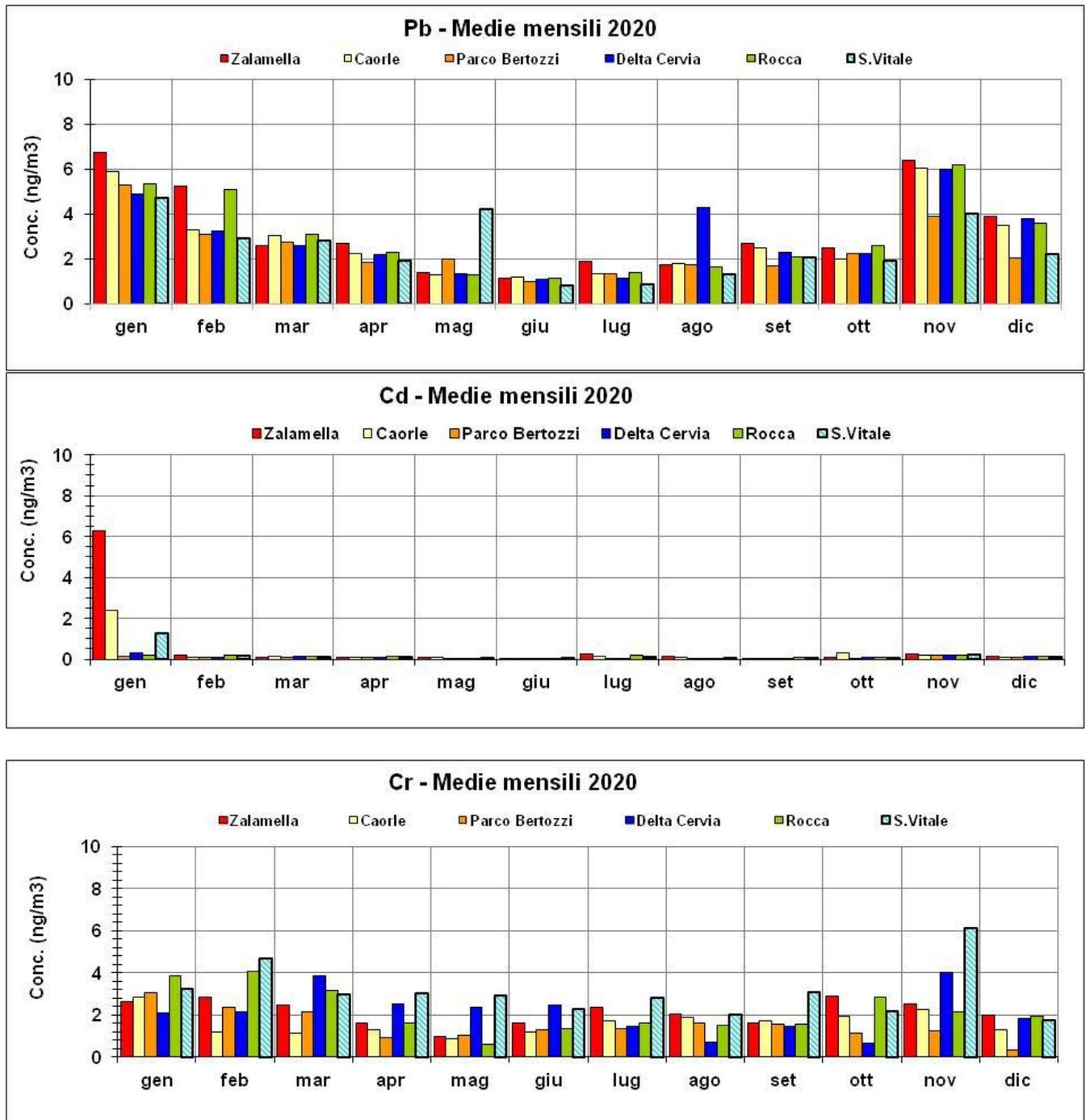


Figura 4.34 (a) – Medie mensili di piombo, cadmio e cromo nel particolato PM10 – Anno 2020

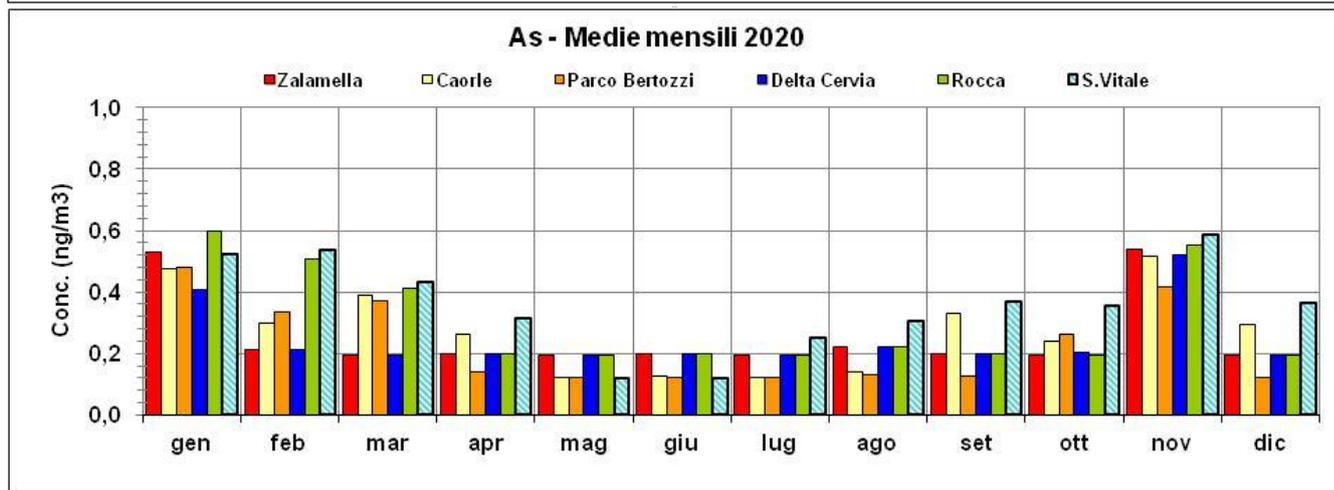
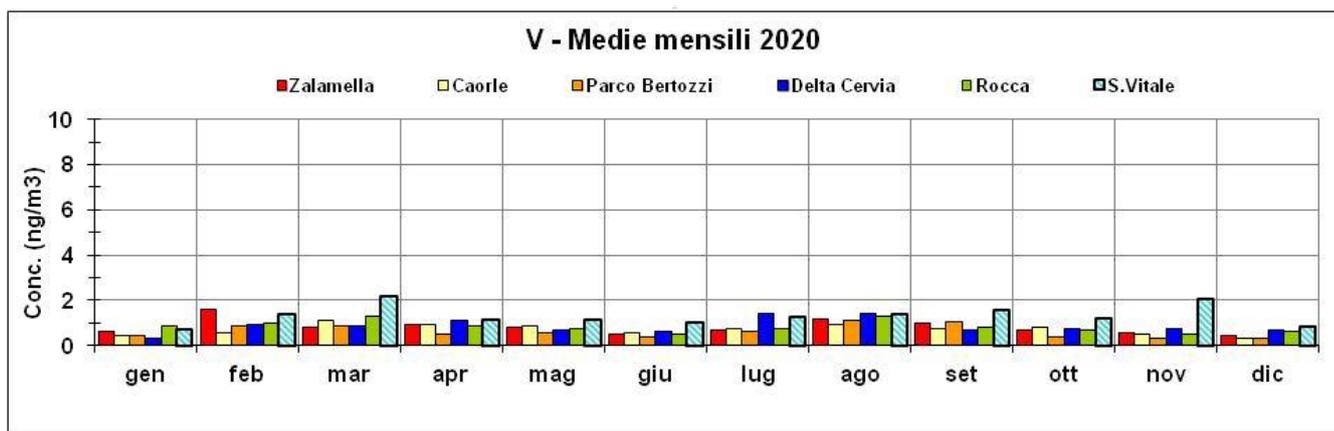
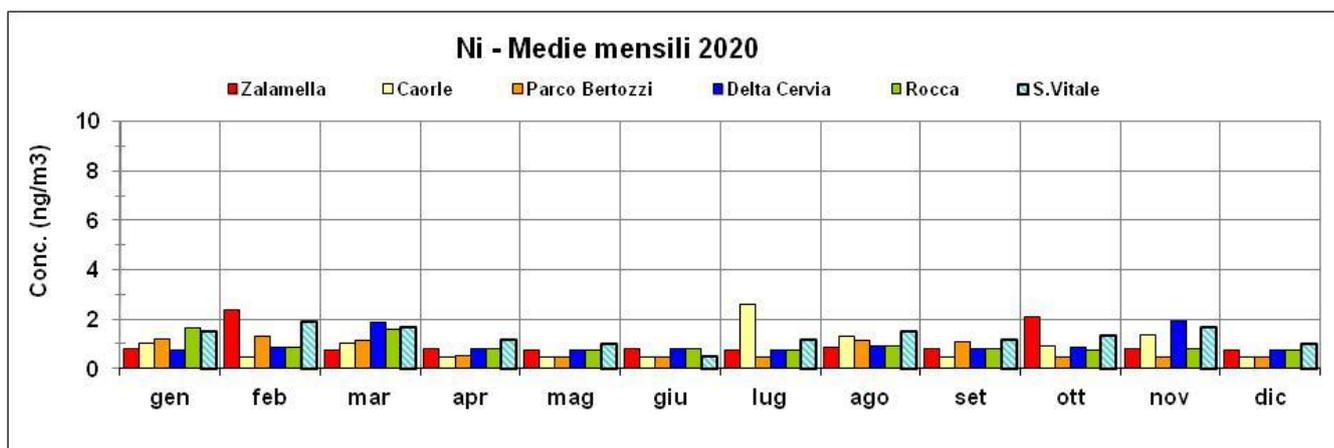


Figura 4.34 (b)– Medie mensili di nichel, vanadio e arsenico nel particolato PM10 – Anno 2020

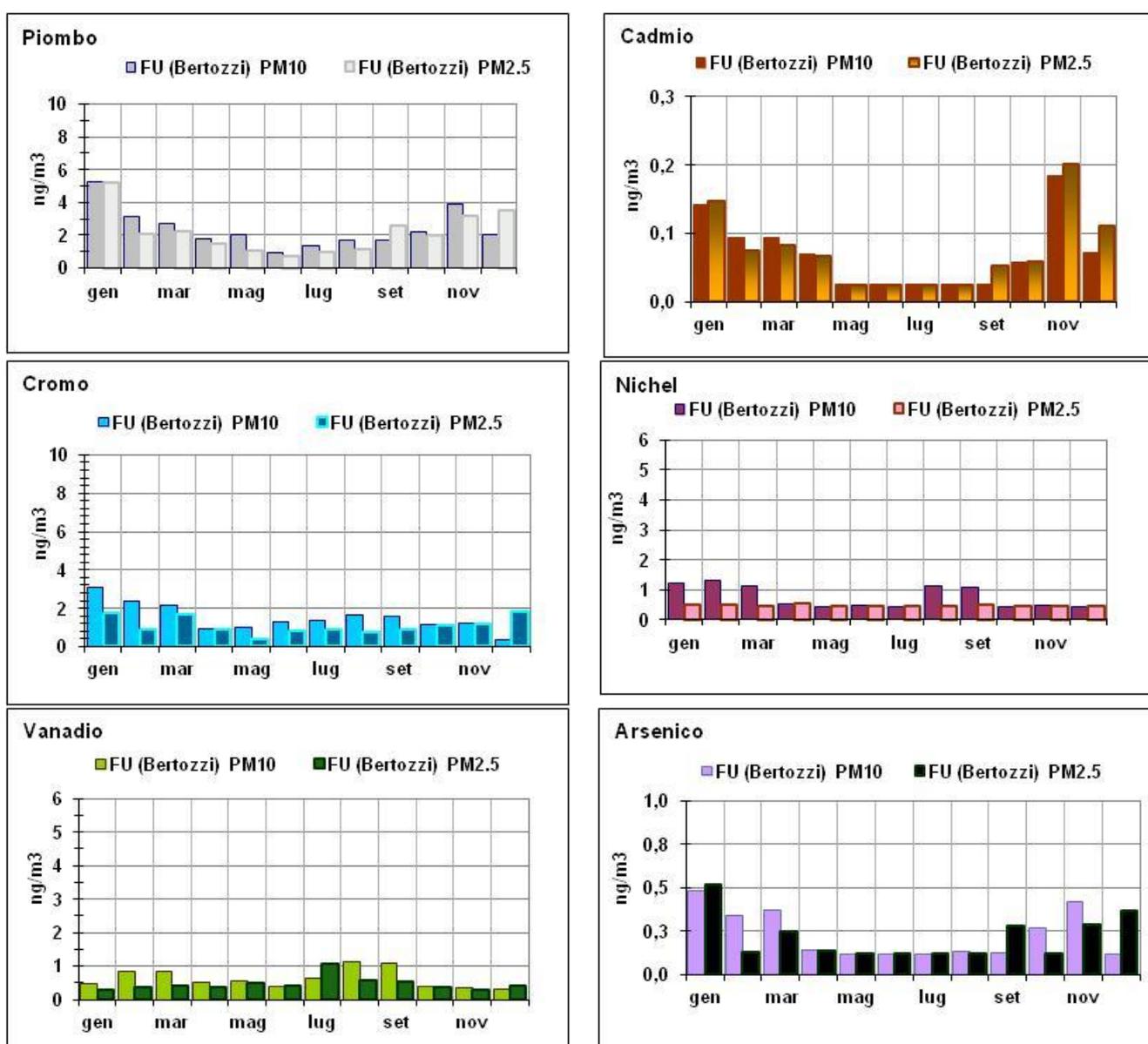
Le concentrazioni misurate nella rete di Ravenna (RRQA e stazioni Locali) confrontate con i dati pubblicati dall'ISS e con i campionamenti effettuati nell'area urbana di Bologna nel biennio 2004 – 2005 (Tabella 4.23), mostrano valori dello stesso ordine di grandezza o inferiori rispetto ai dati riportati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

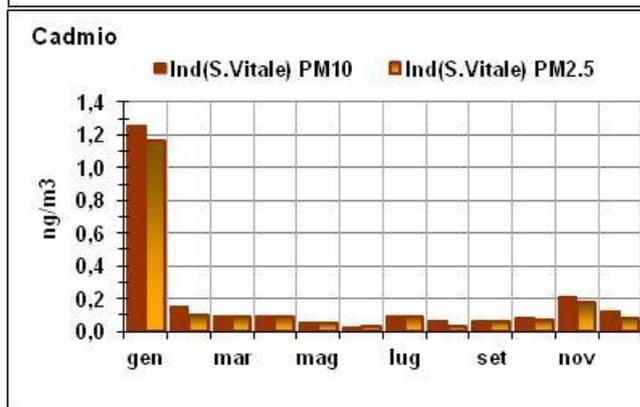
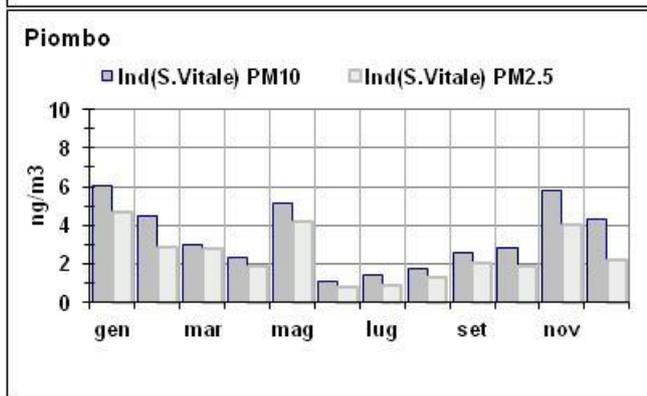
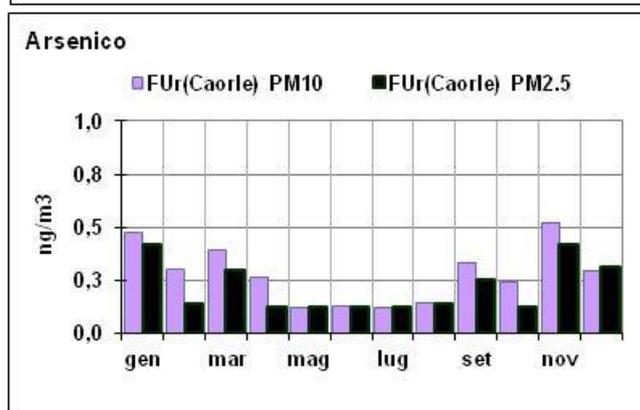
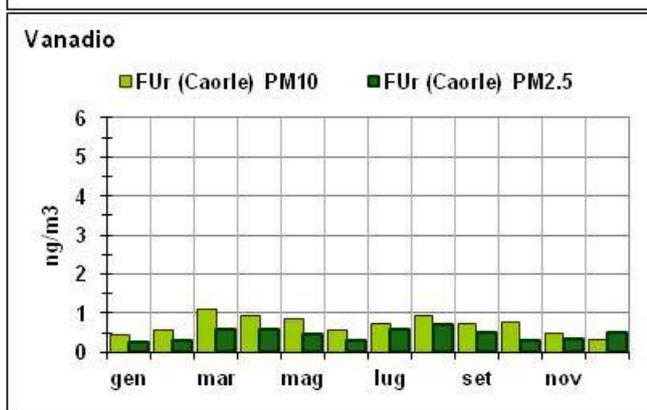
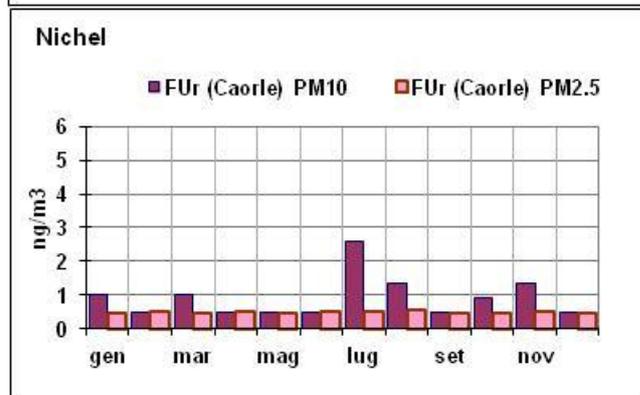
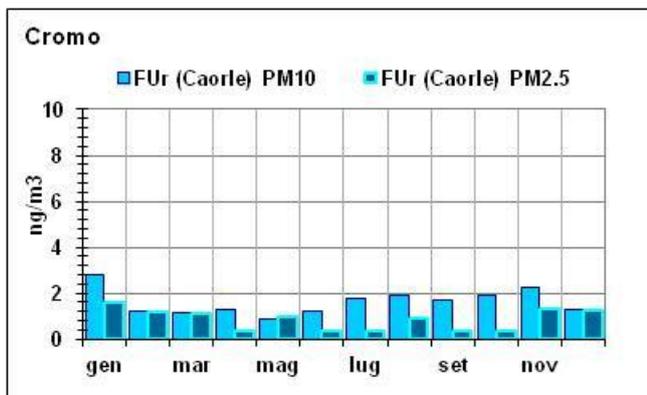
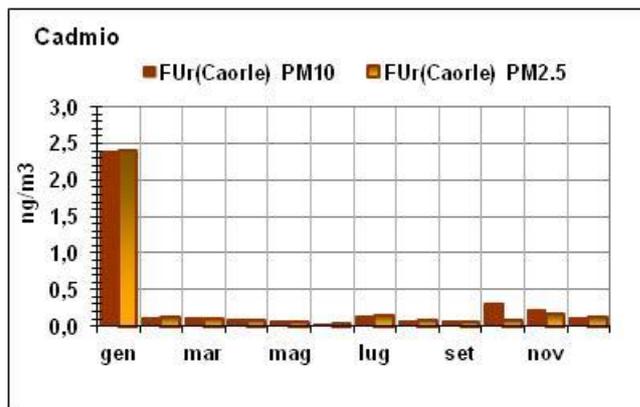
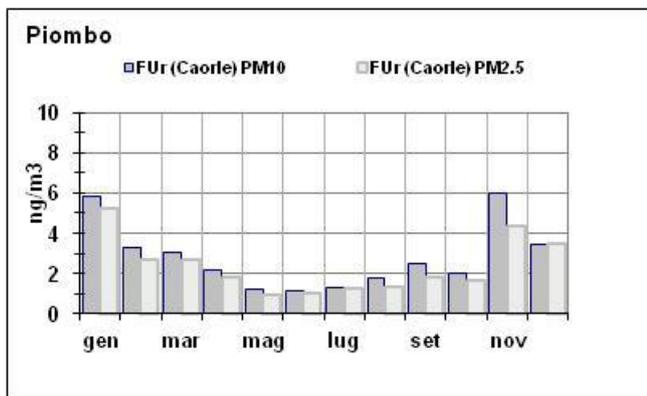
I valori di Cr e Cd risultano, invece, più elevati rispettivamente nelle stazioni di Porto San Vitale (Locale Industriale/Portuale) e Zalamella (Traffico Urbano).

Metallo	Cr	Ni	As	Cd	V	Pb
Concentrazione (ng/m <sup>3</sup> ) ISS 2004	-	4,8	1,7	0,34	-	10
Concentrazione (ng/m <sup>3</sup> ) Bologna PM10	3,1	4,0	1,4	0,61	1,5	18
Concentrazione (ng/m <sup>3</sup> ) Ravenna 2020	Min 0.4	Min 0.5	Min 0.1	Min 0.0	Min 0.3	Min 1.0
	Max 6.1	Max 2.6	Max 0.6	Max 6.3	Max 2.2	Max 6.7

**Tabella 4.23 Confronto concentrazioni medie annuali in ng/m<sup>3</sup> di alcuni metalli rilevate a Bologna (2004-2005), a Ravenna (2020) dati ISS 2004**

Gli istogrammi delle concentrazioni medie mensili di metalli nel particolato PM10 e PM2.5 rilevate nelle stazioni di Parco Bertozzi (Fondo Urbano), Caorle (Fondo Urbano Residenziale) e Porto San Vitale (Stazione Locale Industriale/Portuale) sono riportati in Figura 4.35.





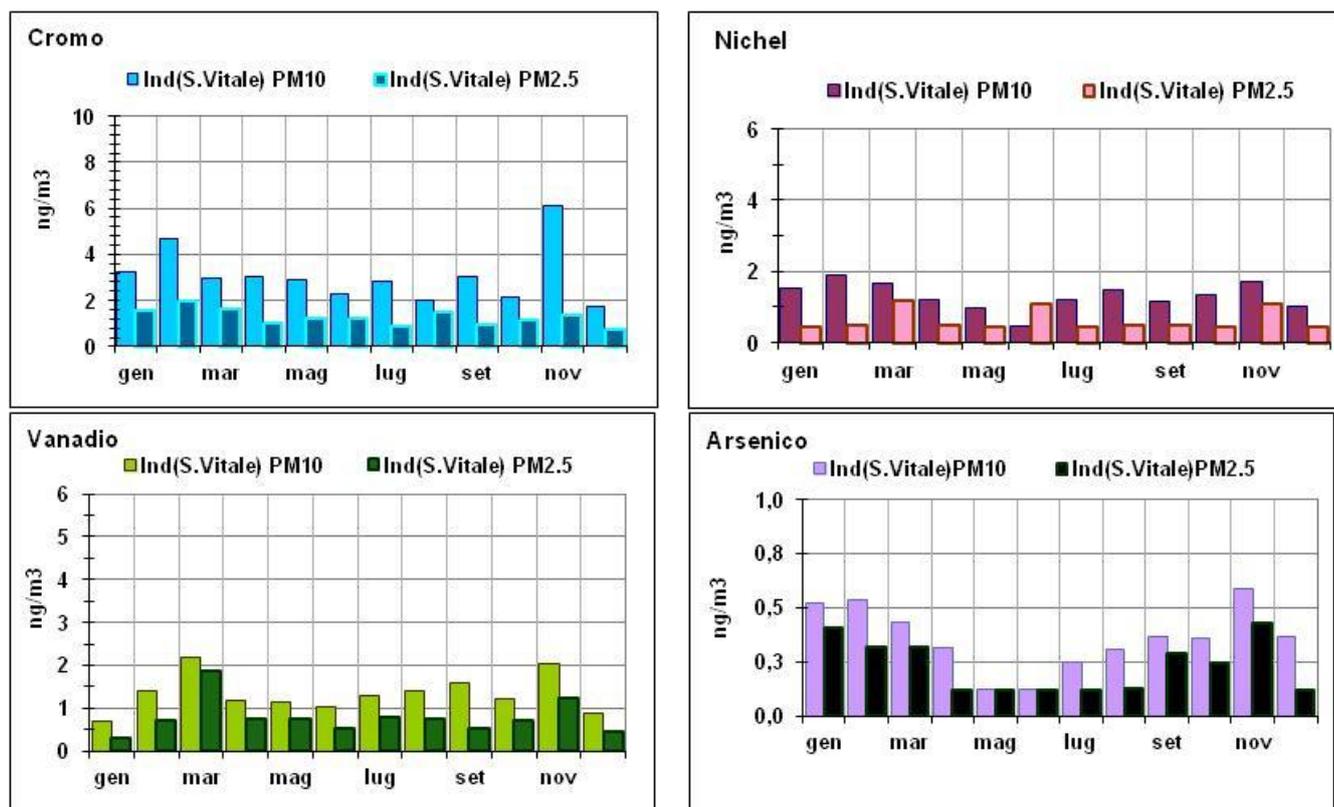


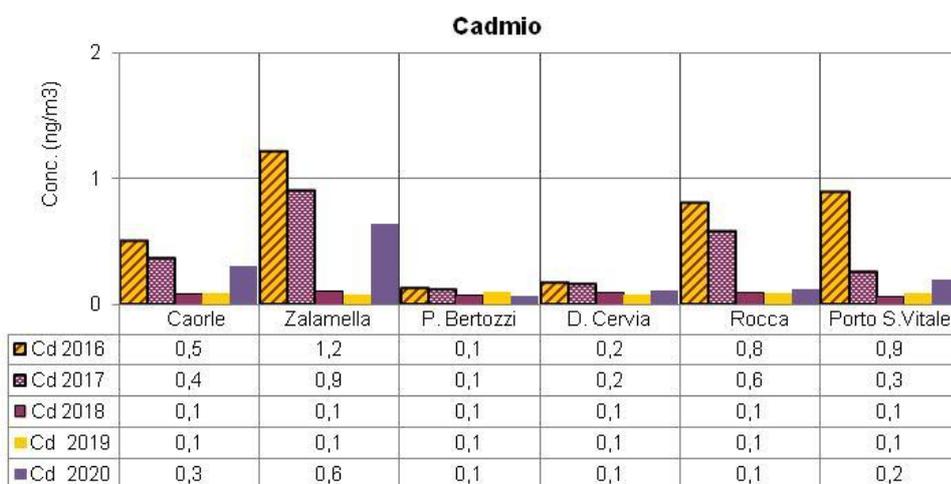
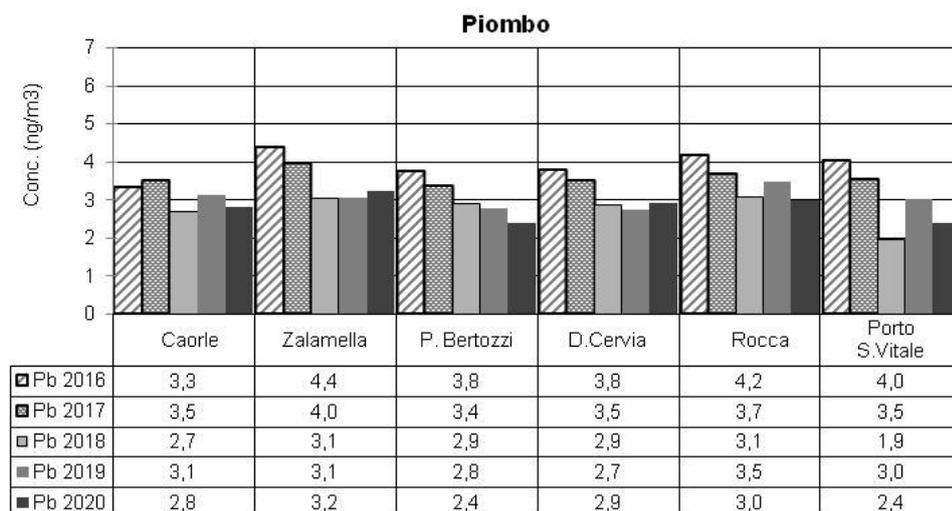
Figura 4.35 – Medie mensili di alcuni metalli nel particolato PM10 e PM2.5 – Anno 2020

Seguono i grafici (Figura 4.36 e 4.37) delle concentrazioni medie annuali dal 2016 al 2020:

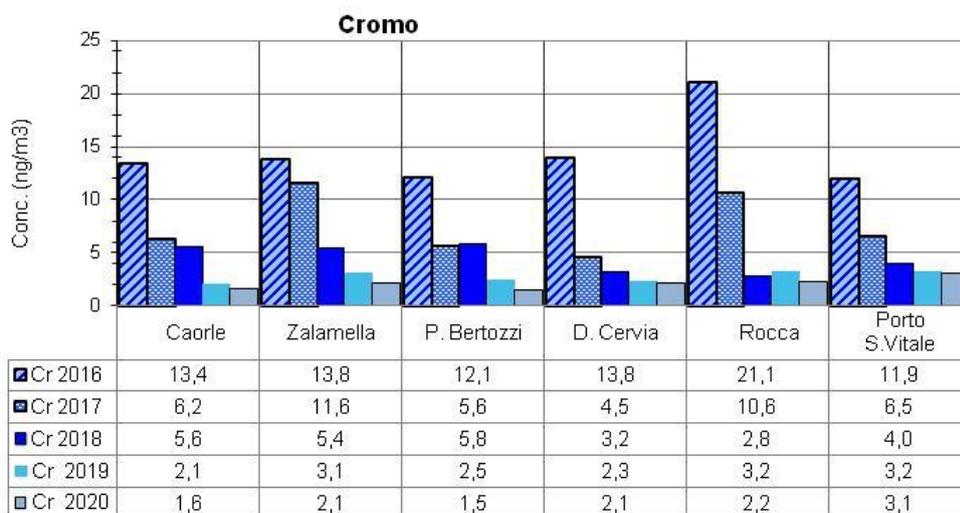
- la concentrazione di Piombo è, nell'ultimo anno, leggermente in calo in quasi tutte le stazioni (a parte Zalamella e Delta Cervia in cui si registra un leggero aumento, inferiore al 10%);
- il Cadmio, nel 2020, in tre stazioni (Zalamella, Caorle e Porto San Vitale) presenta concentrazioni maggiori rispetto gli anni precedenti; nelle altre valori in linea con i dati degli ultimi due anni;
- le concentrazioni di Nichel, come quelle del Vanadio, sono inferiori a quelle rilevate negli anni precedenti in tutte le stazioni RRQA;
- anche il Cromo, nel 2020, risulta in linea con le medie del 2019 e inferiore rispetto ai dati degli anni precedenti.

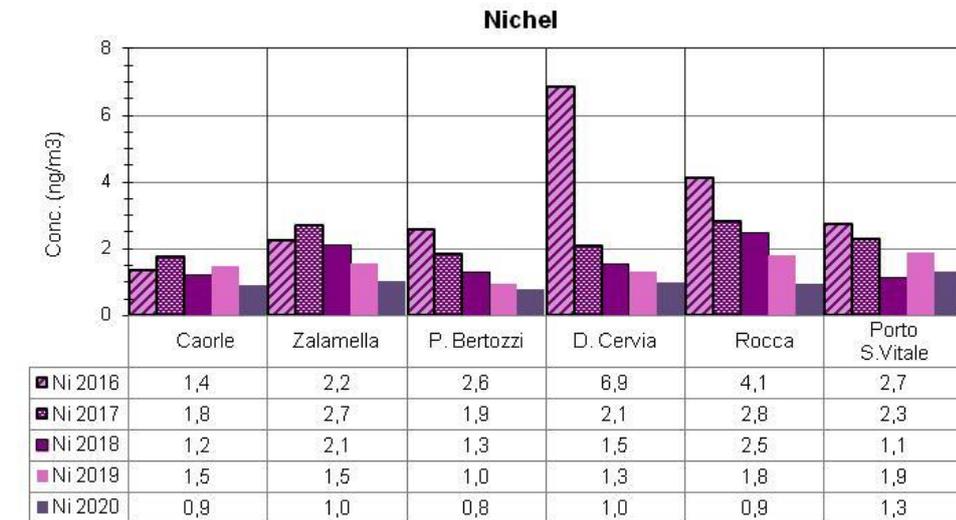
In sintesi, nel 2020 i valori obiettivo (per Arsenico, Cadmio e Nichel) e il valore limite (per il Piombo) previsti dalla normativa sono ampiamente rispettati.

Vanadio e Cromo, per i quali non sono stati fissati dalla normativa valori obiettivo, confrontati con i dati indicati dall'OMS mostrano le concentrazioni in linea con quelle riportate come tipiche di grandi aree urbane, ad esclusione della stazione industriale del porto che presenta valori leggermente superiori ma inferiori rispetto gli anni precedenti.



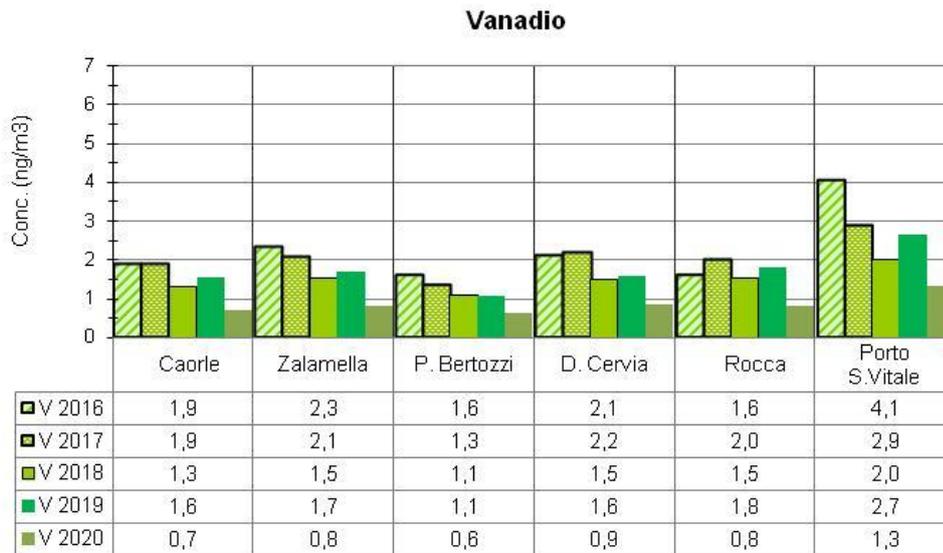
**Figura 4.36 –  
Andamento medie  
annuali di alcuni  
metalli nel  
particolato PM10 –  
Anni 2016 ÷ 2020**





**Figura 4.37 –  
Andamento medie  
annuali di alcuni  
metalli nel  
particolato PM10**

**Anni 2016 ÷ 2020**



### 4.9.3 Diossine, Furani e Policlorobifenili nel particolato PM10, PM2.5

Diossine (**PCDD**) - Furani (**PCDF**) e Policlorobifenili (**PCB**), fanno parte della più ampia famiglia dei Composti Organici Persistenti (**POPs**). I POPs sono sostanze chimiche molto resistenti che, una volta immesse nell'aria, nell'acqua o nel terreno, a causa della loro scarsa degradabilità, permangono nell'ambiente per lungo tempo.

Alcuni POPs, come i PCB, erano prodotti a scopo industriale, altri, come DIOX e furani, derivano dalla combustione di sostanze chimiche organiche e da processi industriali. Verso la fine degli anni '70 gli insetticidi e altri POPs sono stati vietati o sottoposti a restrizioni d'uso in molti paesi, tra cui l'Italia.

Il termine **Diossine - Furani** si riferisce ad un gruppo di 210 composti chimici aromatici policlorurati, divisi in due famiglie e simili per struttura, detti congeneri: 75 congeneri hanno struttura chimica simile a quella della policlorodibenzo-diossina (PCDD), 135 hanno struttura simile al policlorodibenzo-furano (PCDF). 17 di questi congeneri sono considerati tossicologicamente rilevanti. Le diossine sono immesse nell'ambiente da varie sorgenti e possono essere trasportate per lunghe distanze in atmosfera. In natura vengono rilasciate durante gli incendi boschivi e le eruzioni vulcaniche; le attività umane responsabili della loro formazione sono in generale riconducibili a processi di combustione incontrollata, ad esempio incendi. ISPRA, nella pubblicazione del 2006 (Quaderni APAT ISBN 88-448-0173-6), riporta una stima UE: gli incendi accidentali, con il 21% del totale, sono al secondo posto (dopo la produzione di pesticidi) fra le attività antropiche e naturali per il rilascio di diossine e furani sul suolo.

Generalmente le diossine vengono rilevate, nelle diverse matrici ambientali, come sommatoria dei diversi congeneri. Da sottolineare che non tutti i congeneri sono tossici, e non lo sono alla stessa maniera. Per esprimere la tossicità dei singoli congeneri e della totalità del campione analizzato è stato introdotto il concetto di «fattore di tossicità equivalente (TEF)». I TEF si basano sulla considerazione che PCDD e PCDF sono composti che producono effetti tossici simili ed esprimono la tossicità di un determinato congenere rispetto al congenere più tossico - la 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina) - a cui è assegnato il valore 1.

In pratica, il valore di concentrazione di "diossina-equivalente" di un campione è ottenuto sommando i valori di concentrazione dei singoli congeneri dopo averli moltiplicati per i rispettivi TEF. Per i TEF sono stati proposti due schemi di classificazione, l'International TEF (I-TEF) e quello del WHO (WHO-TEF).

I **PCB** sono composti organici di sintesi clorurati, estremamente stabili, poco solubili in acqua e dalle ottime proprietà dielettriche. Per queste loro caratteristiche sono stati estensivamente impiegati, sin dagli anni '30, nel settore elettrico in qualità di isolanti ed in seguito come lubrificanti, in fluidi per impianti di condizionamento, nella preparazione delle vernici e nei sigillanti di giunti di edifici in calcestruzzo. Anche per i PCB è stato adottato il sistema TEF. In particolare, 12 PCB hanno proprietà tossicologiche molto simili a quelle delle diossine e per questo motivo vengono chiamati PCB-DL (Dioxin Like). Per questi composti sono stati fissati dei TEF che valutano la tossicità in riferimento alla diossina 2,3,7,8-TCDD e quindi le concentrazioni di PCB espressi in funzione dei I-TEF possono essere sommati quelli delle diossine e dei furani. I TEF dei PCB-DL sono generalmente più bassi di quelli delle diossine, tuttavia i PCB sono di solito presenti in ambiente a livelli più elevati rispetto a diossine e furani.

Non esistono riferimenti normativi né a livello nazionale, né a livello europeo che regolamentino la presenza di diossine - furani e PCB in aria. La Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale indica, per la concentrazione in aria (seduta del 12/02/1988), un livello di azione per PCDD e PCDF pari a 40 fg/m<sup>3</sup> in unità I-TEQ (espresso in tossicità equivalente utilizzando i Fattori di Tossicità NATO del 1988, I-TEF), mentre l'OMS, per esposizioni prolungate nel tempo a concentrazioni maggiori o uguali di 300 fg WHO-TE/m<sup>3</sup>, suggerisce "di indagare la presenza di sorgenti da porre sotto controllo".

Scarse sono anche le campagne di monitoraggio in aria ed estremamente frammentari i dati al riguardo: nel presente documento si riportano i valori di fondo di PCDD e PCDF rilevati in diverse località del Nord America (EPA) e concentrazioni in aria ambiente di PCB totali (Istituto Superiore di Sanità).

**Valutazione in sintesi**

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di PCDD, PCDF e PCB	2016-2020		

Nel 2020 le concentrazioni medie dei congeneri ricercati risultano inferiori ai valori limite consigliati dalla Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale e ai valori di fondo riportati in letteratura. Non si sono riscontrati particolari criticità e, in molti casi, le concentrazioni sono inferiori al limite di quantificazione strumentale<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda il trend, nel periodo monitorato, le concentrazioni non presentano variazioni significative.

La valutazione dell'indicatore, date le caratteristiche di questi composti, non viene comunque classificata positiva, mentre lo è quella del trend (sostanzialmente invariato).

Anche in considerazione della necessità di avere valori di riferimento locali in casi di eventi incidentali (es. incendi), si sottolinea l'importanza di mantenere un sistematico controllo dei POP's e, quindi, della prosecuzione delle attività di monitoraggio con le modalità ad oggi implementate.

<sup>3</sup> Il metodo e la strumentazione analitica utilizzata consentono di determinare concentrazioni dell'ordine di qualche femtogrammo [ $fg = 10^{-15}$  g], cioè di qualche milionesimo di miliardesimo di grammo → Limite di Quantificazione [L.Q.]

<b>PCDD, PCDF e PCB-DL</b>				<b>Concentrazione nelle frazioni PM10 e PM2.5 Medie annuali (I-TEF)</b>			
<i>Stazione industriale</i>	<i>Frazione granulometrica</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza%</i>	<i>PCDD L. Q. 2 fg/m<sup>3</sup></i>	<i>PCDF L. Q. 1 fg/m<sup>3</sup></i>	<i>PCB-DL L. Q. 3 fg/m<sup>3</sup></i>	<i>TOTALE fg/ m<sup>3</sup></i>
<b>Germani</b>	PM10	Industriale	92	2	3	< 3	5
	PM2,5	Industriale	92	2	3	< 3	5
<b>Marani</b>	PM10	Industriale	100	2	3	< 3	5
	PM2,5	Industriale	100	2	3	< 3	5
<b>Agip29</b>	PM10	Industriale	100	2	4	< 3	6
	PM2,5	Industriale	100	2	4	3	9

Tabella 4.24 – Diossine (PCDD), Furani (PCDF) e Policlorobifenili (PCB) sul particolato PM10 e PM2.5: medie annuali (concentrazioni espresse come ITEF)

Il monitoraggio dei **POPs** adsorbiti sul particolato PM10 e PM2.5 della rete di Ravenna viene effettuato analizzando i campioni raccolti in tre delle stazioni della Rete Industriale Privata, gestita dal Consorzio di Imprese “Ravenna Sistemi Industriale” (RSI): Germani, Marani e Agip29 (Fig.4.38). La scelta è ricaduta su queste tre postazioni in quanto sottovento rispetto alla zona industriale e all’inceneritore di rifiuti speciali (due a Nord-Ovest ed una ad Est), dove si stimano più significative le ricadute delle emissioni di questi macrosettori.

Le analisi per la ricerca dei microinquinanti sono eseguite nel Laboratorio Multisito Arpae di Ravenna-Ferrara.

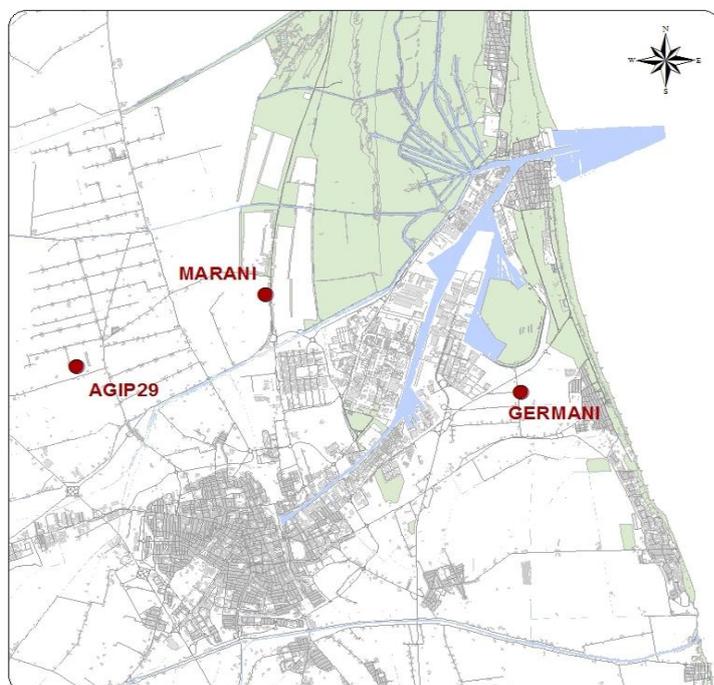


Figura 4.38 – Localizzazione sul territorio delle tre stazioni RSI in cui viene monitorato il particolato per la ricerca di POPs

In Figura 4.39 sono rappresentate le concentrazioni medie annuali di diossine (esprese in femtogrammo su metro cubo [fg/m<sup>3</sup>]) adsorbite sul particolato (PM10 e PM2.5) raccolto in corrispondenza delle tre stazioni di monitoraggio. La concentrazione media annuale di diossine (media annuale  $\Sigma$ ) è calcolata come somma delle concentrazioni delle sette diossine congeneri indicate in legenda: l'altezza di ogni segmento colorato all'interno di ciascuna barra è proporzionale alla concentrazione media annuale con cui il congenere contribuisce alla media annuale somma delle sette diossine indicate.

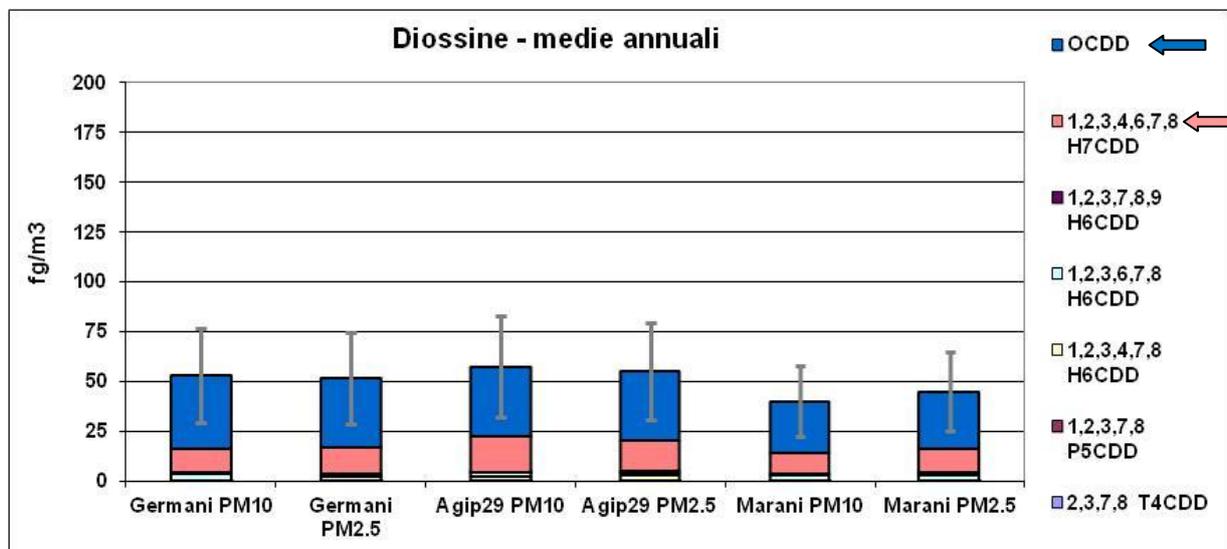


Figura 4.39 – concentrazioni medie annuali di diossine nel particolato – Anno 2020

Nel 2020 le concentrazioni medie  $\Sigma$  sono generalmente basse e si attestano fra circa 30 e 75 fg/m<sup>3</sup>, valori inferiori a quelli riportati in letteratura.

In generale, i congeneri che concorrono maggiormente sono OCDD e 1,2,3,4,6,7,8 H7CDD, congeneri caratterizzati da un TEF (fattore di tossicità equivalente) pari, rispettivamente, a 0.001 e 0.01.

Infatti, la concentrazione dei POPs adsorbiti sul particolato viene calcolata tenendo conto anche della tossicità relativa (rispetto alla TCDD - 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina): ogni congenere viene moltiplicato per il proprio «fattore di tossicità equivalente (TEF)» definito in riferimento alla diossina TCDD, per la quale si assume un TEF = 1.

Di seguito si riportano:

- I TEF per Diossine e Furani proposti dalla classificazione internazionale (I-TFE) e quelli indicati dall'Organizzazione mondiale della sanità (WHO-TFE) (Tabella 4.25). Le due classificazioni (rispetto ai 17 congeneri considerati) differiscono solo per il peso dato al 1,2,3,7,8 P5CDD: il WHO attribuisce a tale composto lo stesso fattore della 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina (WHO-TEF = 1), mentre la classificazione internazionale gli attribuisce un I-TFE, rispetto alla TCDD uguale a 0,5 (I-TFE = 0,5).

PCDD e PCDF (Diossine e Furani)		I-TEF (NATO/CCMS, 1988)	WHO-TEF (Vanderberg et al., 1998)
Diossine	2,3,7,8- TCDD	1	1
	1,2,3,7,8 P5CDD	0,5	1
	1,2,3,4,7,8 H6CDD	0,1	0,1
	1,2,3,6,7,8 H6CDD	0,1	0,1
	1,2,3,7,8,9 H6CDD	0,1	0,1
	1,2,3,4,6,7,8 H7CDD	0,01	0,01
	OCDD	0,001	0,0001

PCDD e PCDF (Diossine e Furani)		I-TEF (NATO/CCMS, 1988)	WHO-TEF (Vanderberg et al., 1998)
Furani	2,3,7,8 T4CDF	0,1	0,1
	1,2,3,7,8 P5CDF	0,05	0,05
	2,3,4,7,8 P5CDF	0,5	0,5
	1,2,3,4,7,8 H6CDF	0,1	0,1
	1,2,3,6,7,8 H6CDF	0,1	0,1
	2,3,4,6,7,8 H6CDF	0,1	0,1
	1,2,3,7,8,9 H6CDF	0,1	0,1
	1,2,3,4,6,7,8 H7CDF	0,01	0,01
	1,2,3,4,7,8,9 H7CDF	0,01	0,01
	OCDF	0,001	0,0001

Tabella 4.25 – TEF relativi per diossine e furani (Fonte APAT, 2006). I singoli composti risultano avere un fattore di tossicità equivalente compreso fra 0,5 (50%) e 0.0001 (0.01%)

- I TEF di Policlorobifenili (PCB) espressi in riferimento alla diossina TCDD (Tabella 4.26). I PCB risultano decisamente meno tossici della TCDD: da un decimo (PCB 126 – I-TEF = 0,1) a 0,3 milioni.

PCB	I-TEF
PCB 81	0,0003
PCB 77	0,0001
PCB 123	0,00003
PCB 118	0,00003
PCB 114	0,00003
PCB 105	0,00003
PCB 126	0,1
PCB 167	0,00003
PCB 156	0,00003
PCB 157	0,00003
PCB169	0,03
PCB 189	0,00003

Tabella 4.26 – TEF di alcuni PCB (in riferimento alla diossina TCDD ⇒ PCB-DL)

Utilizzando i relativi I-TEF è possibile valutare la “tossicità equivalente” anche dei PCB (PCB-DL cioè PCB-Dioxin Like) e calcolare la tossicità del particolato tenendo conto dei POPs presenti, sommando quindi Diossine, Furani e Policlorobifenili.

In Tabella 4.27 sono riportate le percentuali di TCDD rilevate nel particolato rispetto alla somma delle sette diossine (PCDD) congeneri (prima riga) e dei diciassette congeneri diossine e furani (PCDD + PCDF – seconda riga): la percentuale di TCDD sul totale delle diossine (PCDD - riga 1 della Tabella 4.27) si attesta intorno al 1,2%, mentre – se si considerano anche i furani (riga 2 in tabella) – tale percentuale quasi si dimezza.

	Germani PM10	Germani PM2.5	Agip29 PM10	Agip29 PM2.5	Marani PM10	Marani PM2.5
% di TCDD su tot PCDD	1,08%	1,16%	1,05%	1,09%	1,52%	1,36%
% di TCDD su tot PCDD+PCDF	0,67%	0,69%	0,57%	0,60%	0,85%	0,77%

Tabella 4.27 – % di TCDD nelle concentrazioni medie annuali nel particolato – Anno 2020 – rispetto alla sommatoria di sole diossine e diossine e furani (senza tener conto del «fattore di tossicità equivalente» I-TEF)

I dati bibliografici sulle concentrazioni in aria ambiente di POPs sono piuttosto scarsi. Di seguito (Tabella 4.28) si riportano:

- i valori di fondo di PCDD e PCDF rilevati in diverse località del Nord America, rappresentativi di zone lontane da potenziali sorgenti emmissive, ricavati dal documento Apat, 2006;
- le concentrazioni in aria ambiente di PCB totali riportati dall'Istituto Superiore di Sanità:

	Area	PCDD/PCDF WHO-TEF [fg/m <sup>3</sup> ]		PCB totali [pg/m <sup>3</sup> ]
Apat 2006	Urbana, Nord America	120 ± 94	range: 30 - 200	
	Rurale, Nord America	13	range: 4 - 20	
ISS	Rurale, Nord America			2 - 70
	Urbana/Ind. Germania			3300
	Rurale, Germania			3
	Urbana/Ind. Parigi			60 - 200
	Traffico intenso, Roma			1900 - 5400

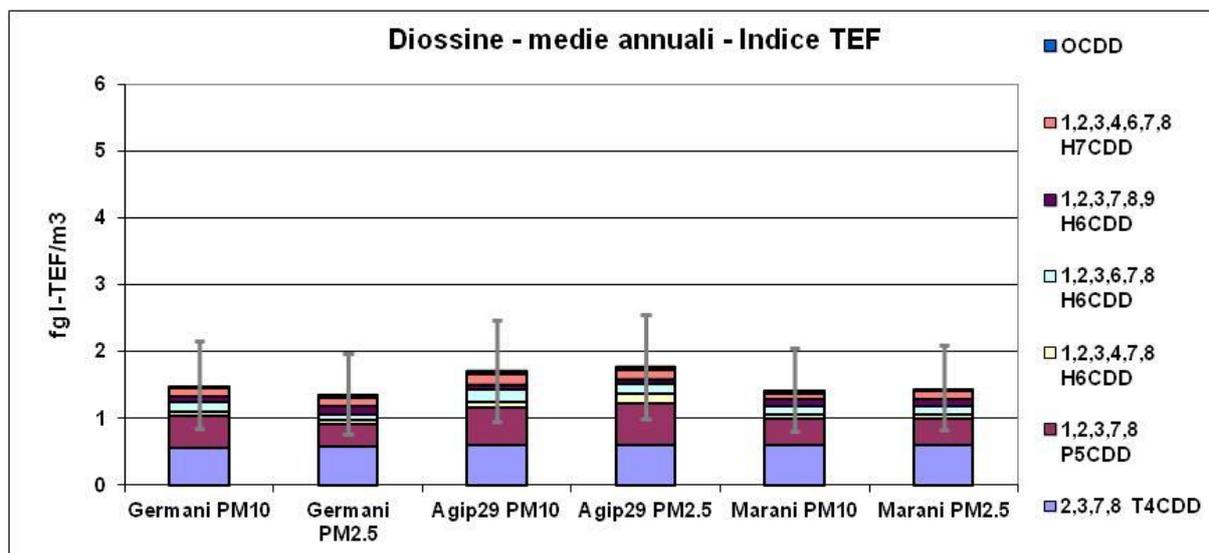
Tabella 4.28 – Concentrazioni di fondo di PCDD/PCDF e di PCB totali

Alla luce di quanto esposto relativamente alla diversa tossicità dei composti analizzati, è utile considerare le concentrazioni medie annuali di diossine, furani e policlorobifenili adsorbite sul particolato, tenendo conto del rispettivo fattore di tossicità equivalente (I-TEF) (Figura 4.40).

In questo modo le concentrazioni totali I-TEF raggiungono valori da 10 a 100 volte più bassi rispetto alle concentrazioni tal quali.

In generale, i congeneri che danno il contributo più significativo alla concentrazione totale I-TEF sono:

- per le PCDD → la 2,3,7,8 T4CDD e la 1,2,3,7,8 P5CDD;
- per i PCDF → il 2,3,4,7,8 P5CDF, il 2,3,4,6,7,8 H6CDF e il 2,3,7,8 T4CDF;
- per i PCB-DL → il PCB 169 e il PCB 126.



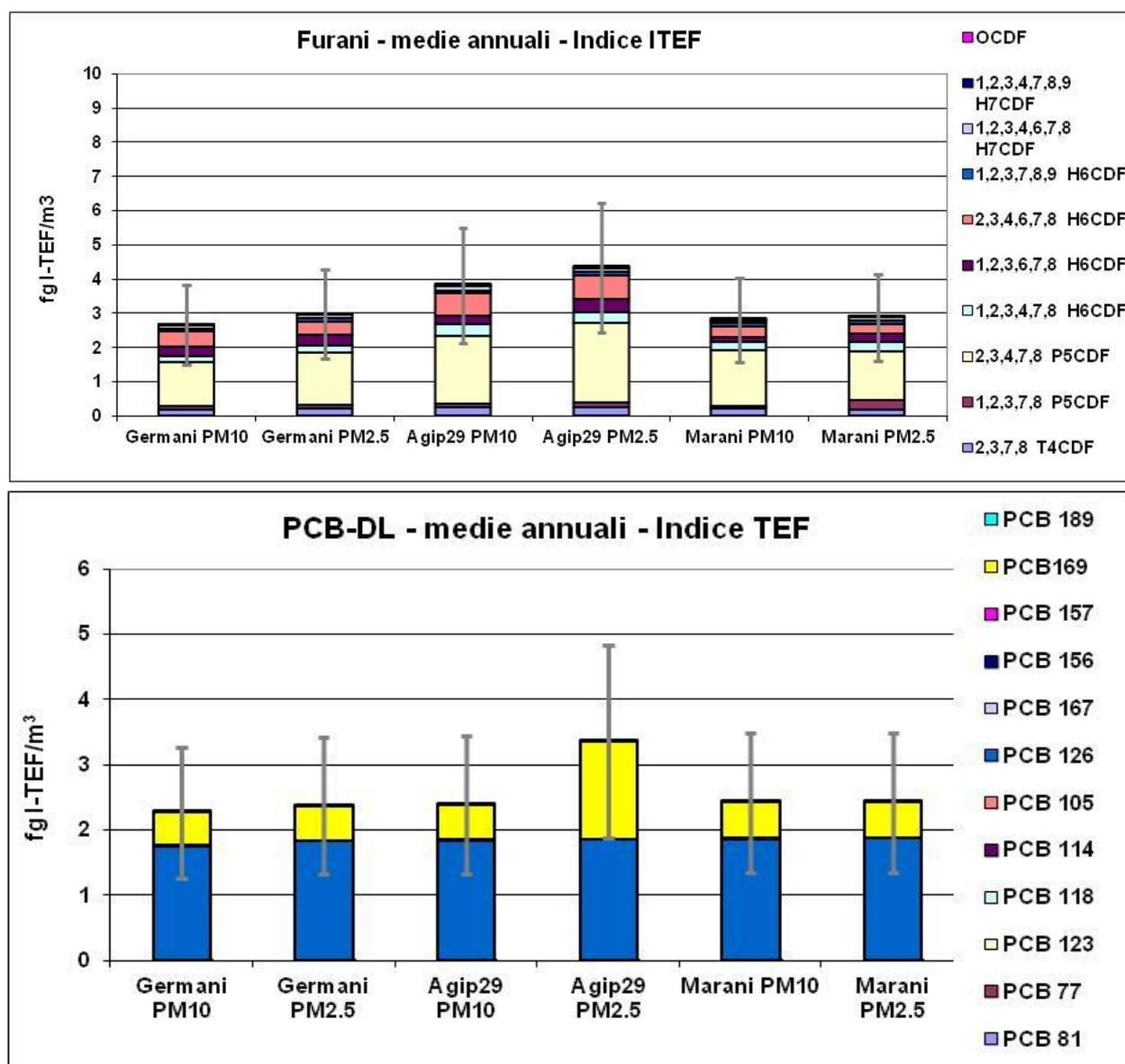


Figura 4.40 – PCDD, PCB e PCDF medie annuali 2020 considerando i I – TEF dei congeneri ricercati

Sono state calcolate le medie mensili delle concentrazioni totali di PCDD, PCDF e PCB sia come concentrazioni in aria (Figura 4.41, concentrazione espressa in fg I-TEF/m<sup>3</sup>) sia come concentrazione sulla massa di particolato PM10 e PM2.5 (Figura 4.42, concentrazione espressa in fg I-TEF/μg di particolato) per valutare la variabilità della concentrazione di congeneri in aria e adsorbita sul particolato in funzione della stagionalità e della granulometria.

Sia in aria che sul particolato, le concentrazioni medie mensili risultano più alte nei mesi invernali, con un abbassamento consistente - al di sotto del limite di rilevabilità strumentale - nei mesi estivi: i valori più elevati sono stati misurati nel mese di novembre ad Agip29.

Il grafico di Figura 4.42 evidenzia come l'adsorbimento dei POPs sul particolato sia, in periodo invernale, decisamente maggiore sulla frazione PM2.5 rispetto al PM10.

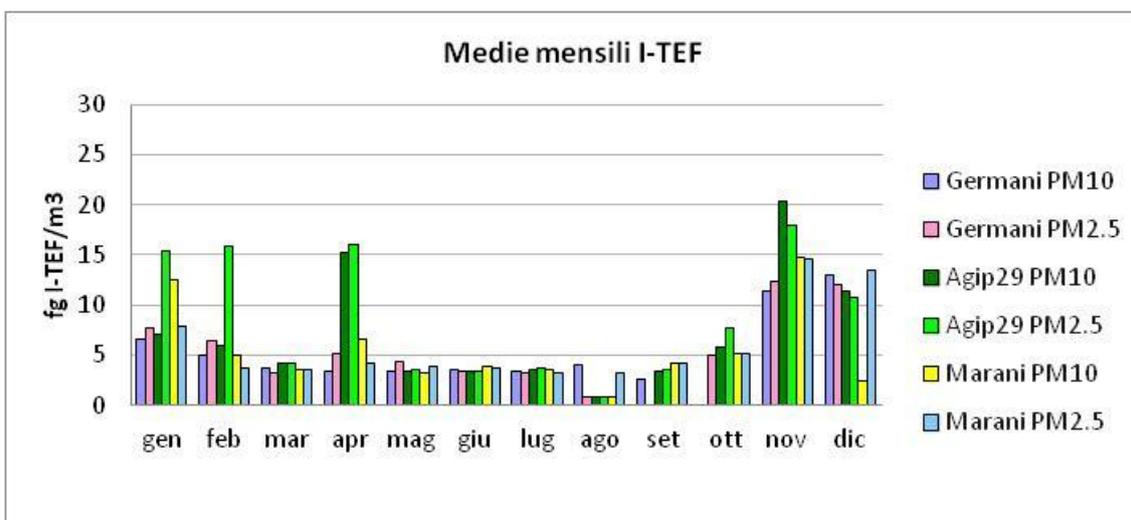


Figura 4.41 – Tossicità equivalente per sommatoria di PCDD, PCDF, PCB - medie mensili 2020

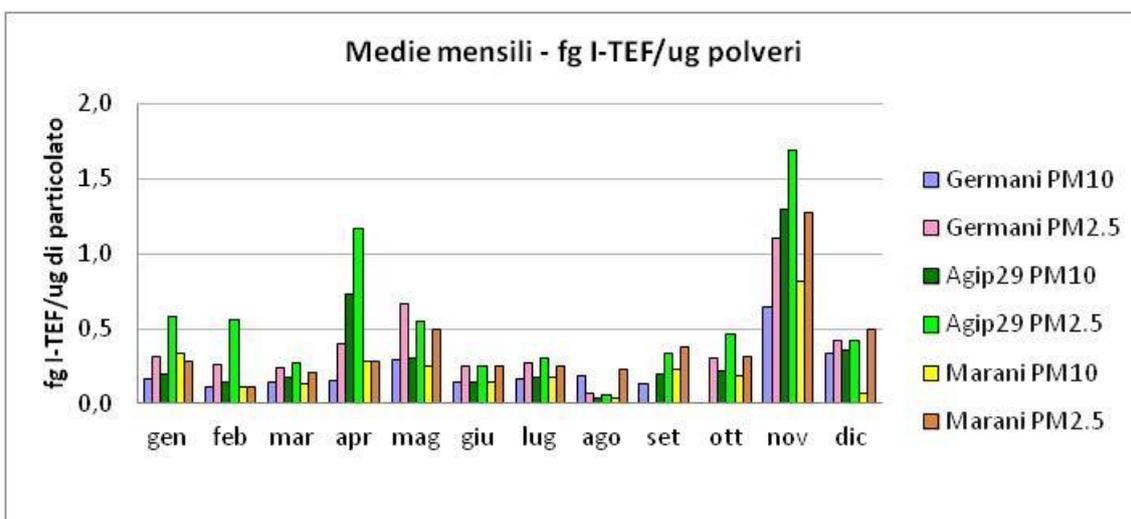


Figura 4.42 – Rapporto fra tossicità equivalente per sommatoria di PCDD, PCDF, PCB e particolato raccolto sui filtri - medie mensili 2020

Per rappresentare l'andamento negli ultimi 5 anni di PCDD, PCDF e PCB-DL, in Figura 4.43 sono riportate le concentrazioni medie annuali per ogni stazione, espresse in termini di tossicità equivalente I-TEF.

Per tutte le tre classi di composti le medie annuali sono molto contenute (dell'ordine di qualche femtogrammo/m<sup>3</sup>, cioè di qualche milionesimo di miliardesimo di grammo (10<sup>-15</sup> g/m<sup>3</sup>)), così come le variazioni da un anno all'altro.

La concentrazione annuale media delle diossine (Figura 4.43 a) nel 2020 è in linea con quella del 2019; un po' inferiore per i furani (Figura 4.43 b), mentre per i PCB-DL nel periodo 2018 - 2020 sembra intravedersi un trend in diminuzione, ad esclusione per la stazione di Agip29 PM2.5 (Figura 4.43 c).

I PCB totali, comunque, risultano decisamente inferiori a quelli pubblicati dall'Istituto Superiore di Sanità (Tabella 4.28): a Ravenna nel 2020 il range della media mensile per i PCB totali risulta compresa fra 0.07 pg/m<sup>3</sup> e 0.98 pg/m<sup>3</sup> (ovvero 70 fg/m<sup>3</sup> e 980 fg/m<sup>3</sup>).

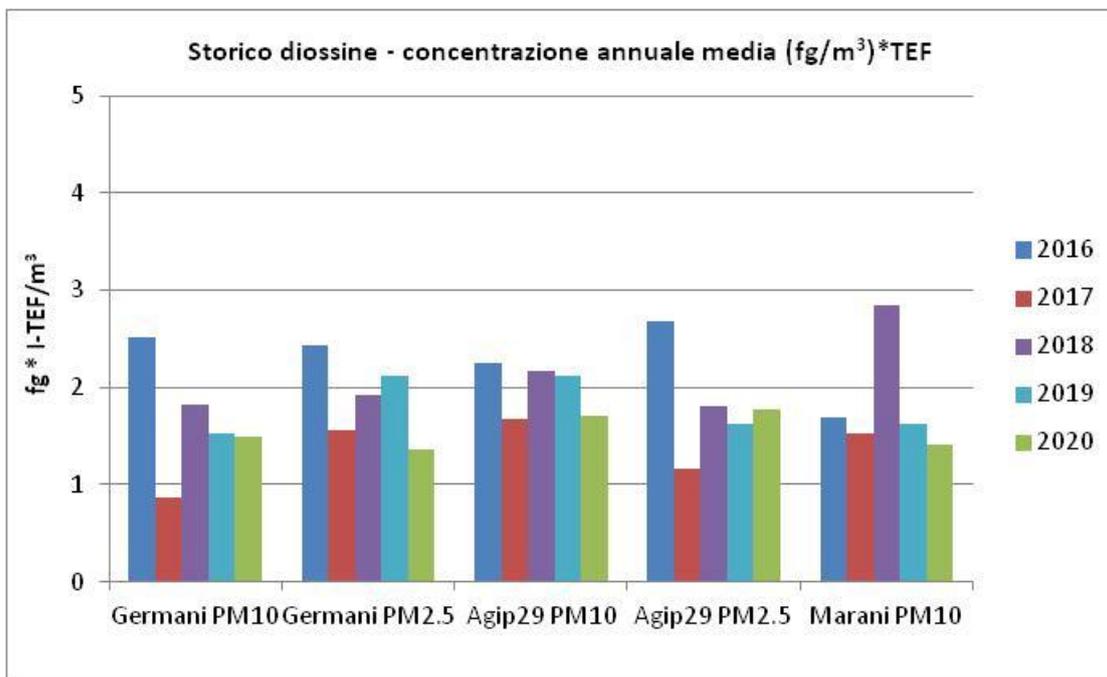


Figura 4.43 a – Trend medie annuali per PCDD

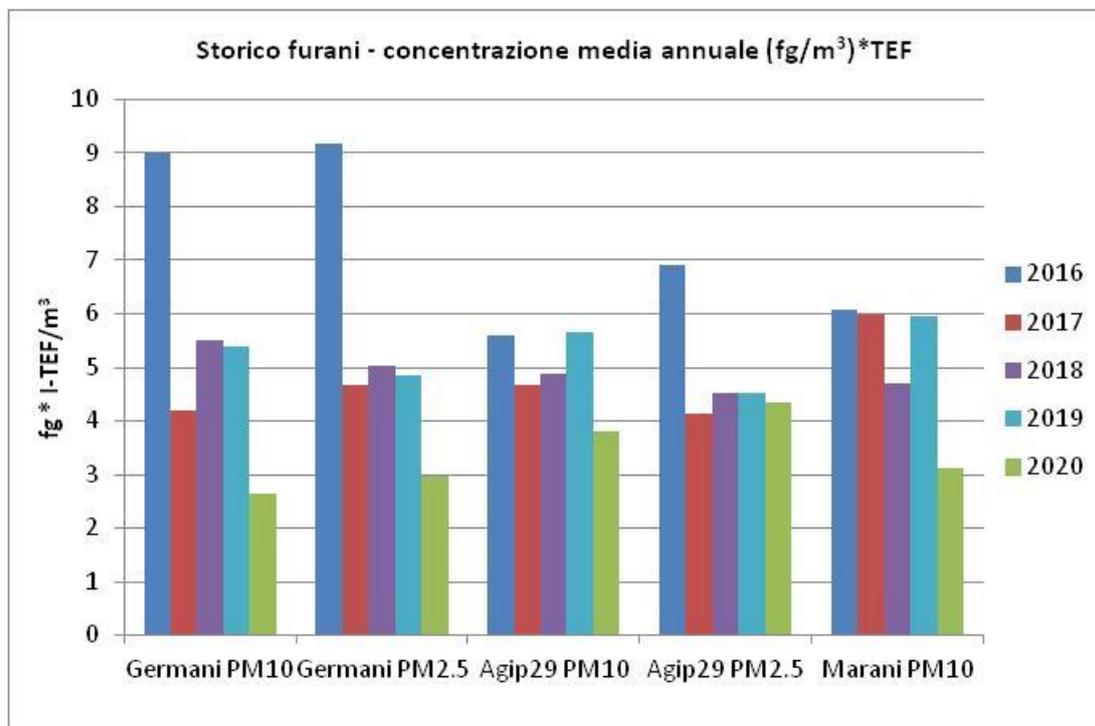


Figura 4.43 b – Trend medie annuali per PCDF

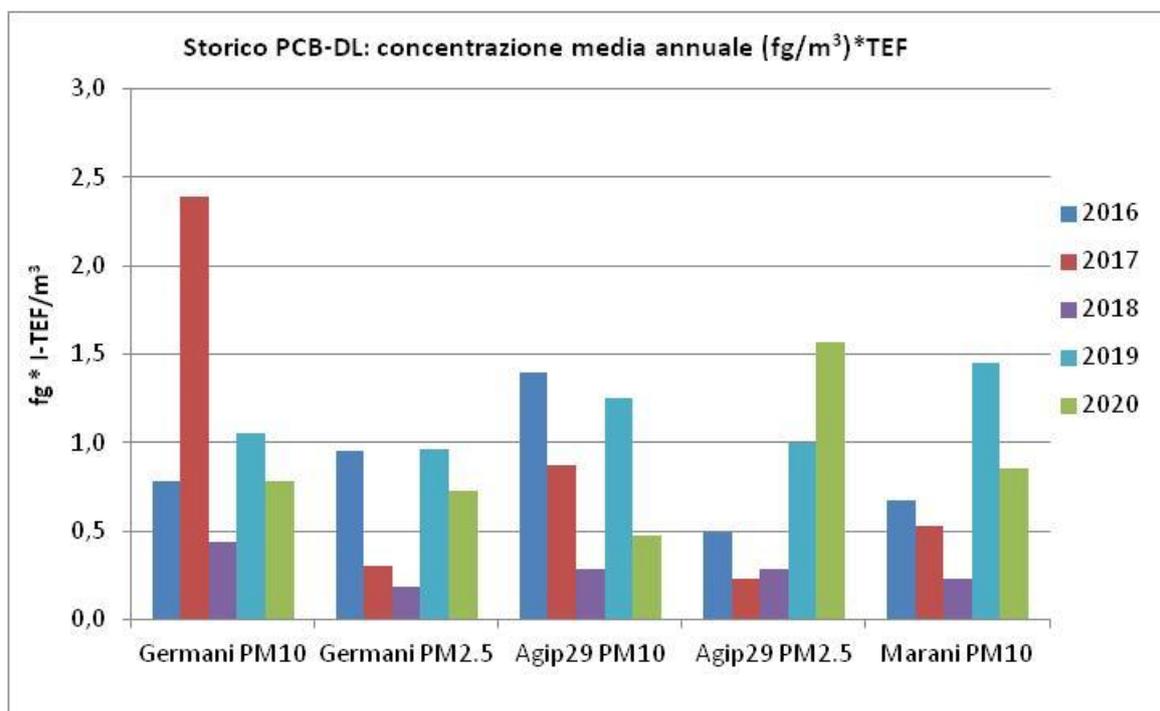


Figura 4.43 c – Trend medie annuali per PCB-DL

## 4.10 - Deposizioni: Metalli, IPA, Diossine, Furani e Policlorobifenili

### Valutazione in sintesi

Indicatore	Copertura temporale	Stato indicatore	Trend
Metalli (Pb, Cd, Cr, Ni, V, As)	2018 – 2020		
IPA	2018 – 2020		
Deposizioni di PCDD, PCDF e PCB	2018 – 2020		

Nel 2020, terzo anno in cui sono stati analizzati i microinquinanti nelle deposizioni (secce e umide) nelle stazioni del ravennate, i dati misurati risultano contenuti: inferiori ai valori consigliati dall'OMS, in linea con i valori di fondo riportati in letteratura e, dove presenti, più bassi dei valori limite indicati nella normativa di alcuni paesi dell'Unione Europea.

Non si sono riscontrate particolari criticità e, per quasi tutto l'anno, le concentrazioni sono inferiori al limite di quantificazione strumentale.

La valutazione dell'indicatore, date le caratteristiche di questi composti, non è comunque classificata positiva, mentre lo è quella del trend, tranne per PCDD/F e PCB in cui si registra un aumento in termini di concentrazione. Nonostante questo giudizio, complessivamente non negativo, poiché la determinazione dei flussi di deposizione per alcuni inquinanti atmosferici costituisce un buon sistema di sorveglianza ambientale, si ritiene importante la prosecuzione delle attività di monitoraggio di tale matrice, anche per costruire una serie storica che confermi questi primi dati.

Gli inquinanti emessi in atmosfera durante la loro dispersione in aria subiscono processi che determinano l'innescio di trasformazioni chimiche - dovute alla presenza contemporanea di sostanze capaci di reagire (processi di reattività chimica), l'impoverimento del *plume* ed il 'trasferimento' delle sostanze inquinanti al suolo (processi di deposizione).

Nei processi di deposizione si distingue fra:

- *Deposizione Secca* → Meccanismo, sempre presente, che elimina una parte dell'inquinante presente in aria e lo trasferisce al suolo senza intervento dell'acqua presente in atmosfera;
- *Deposizione Umida* → Meccanismo di eliminazione causato dall'azione delle acque meteoriche che catturano le particelle nei pressi del suolo.

L'entità della deposizione dipende, fra l'altro, dal livello di turbolenza atmosferica (maggiore è il livello di turbolenza, maggiore è la quantità di inquinante portato al suolo e maggiore è la probabilità che venga trasferito al suolo stesso) e dalle proprietà fisico-chimiche dell'inquinante (la reattività chimica e la solubilità degli inquinanti gassosi, oppure la densità e le dimensioni del particolato atmosferico).

Sia per i gas sia per la deposizione di particolato vale la legge secondo cui il Flusso (F) di particolato al suolo è proporzionale alla sua concentrazione in aria:

$$F = V_d \cdot C(z) \quad \text{dove } V_d \text{ è la velocità di deposizione.}$$

Nello studio dei fenomeni di deposizione, si assume che il particolato abbia una velocità di sedimentazione gravitazionale propria (proporzionale alla propria densità e alle sue dimensioni), non interagisca con la vegetazione ed abbia la medesima resistenza aerodinamica dei gas.

Si può avere una stima delle sostanze che si depositano al suolo analizzando campioni raccolti mediante un deposimetro tipo bulk (così come previsto dal DLgs 152/07 e dalla norma UNI EN 15841:2010).

La determinazione dei flussi di deposizione per alcuni inquinanti atmosferici, mediante deposimetri, costituisce – come si diceva - un buon sistema di sorveglianza ambientale. Pur considerando le possibili interferenze che sistemi di questo possono avere (es. insetti, fogliame, ecc.), si sono dimostrati negli anni strumenti estremamente utili, in particolare per quegli inquinanti che possono accumularsi nell'ambiente (es. attraverso la catena alimentare) quali, appunto, i POPs, in particolare le PCDD/F, PCB<sup>4</sup>.

Nel monitoraggio avviato a Ravenna nel 2018, in alternativa al deposimetro tipo bulk, viene utilizzato il campionatore *Wet & Dry (W&D)* (Figura 4.44), costituito da due recipienti, in materiale idoneo e di dimensioni standardizzate, per la raccolta separata della deposizione umida e secca che, nello specifico, vengono riunite in un unico campione (deposizione totale).



Figura 4.44 – Deposimetro Wet&Dry per la raccolta separata delle deposizioni secche ed umide

Le postazioni in cui è installato il campionatore W&D sono a Ravenna, nella Pineta del Parco 2 Giugno, presso la Cà Nova, e a fianco della Stazione Locale della rete di controllo di qualità dell'aria Porto San Vitale. Nel 2020 è stata dismessa la postazione installata in ambito urbano (presso la sede Arpae, in via Alberoni); i dati relativi al 2018 e 2019 di questa stazione sono comunque riportati nei grafici, a titolo di confronto.

A novembre 2020 i due deposimetri in funzione hanno subito un guasto; mentre quello di Porto San Vitale è stato riparato (mancano però i dati relativi alle deposizioni di novembre), la rottura dello strumento di Pineta Cà Nova è risultata fatale e, pertanto, i dati raccolti in questa postazione si riferiscono ai primi dieci mesi dell'anno, da gennaio ad ottobre 2020.

Poiché, come si diceva in premessa, si ritiene importante la prosecuzione delle attività di monitoraggio delle deposizioni, nel corso del 2021 verranno ripristinate le due postazioni posizionando dei bulk, e saranno attive a partire da gennaio 2022.

<sup>4</sup> Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo e al Comitato Economico e Sociale Europeo relativa all'attuazione della strategia comunitaria sulle diossine, i furani e i bifenili policlorurati (COM(2001)593).

Le deposizioni totali sono raccolte mediante esposizione passiva per un periodo compreso tra una settimana e un mese, in funzione della piovosità.

Nel campione di deposizione totale a Ravenna vengono ricercati metalli, IPA, PCB, diossine e furani.

I risultati sono espressi in “flusso di deposizione”, cioè come rapporto fra la massa di inquinante raccolta dal deposimetro sulla superficie di campionamento. In particolare:

- Il flusso di deposizione dei metalli e degli IPA totali viene espresso come media giornaliera [in  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ], calcolata a partire dai flussi mensili
- Il flusso di deposizione del benzo(a)pirene viene espresso come media giornaliera [in  $\text{ng}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ], calcolata a partire dai flussi mensili;
- il flusso di deposizione di diossine e furani viene espresso come media giornaliera [in  $\text{pg}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ], calcolata a partire dai flussi mensili;
- il flusso di deposizione dei PCB viene espresso come flusso annuale [in  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{y}$ ], cioè come sommatoria della massa mensile di PCB raccolta sulla superficie di deposizione.

#### 4.10.1 IPA

In mancanza di una normativa specifica, i dati di benzo(a)pirene rilevati nelle deposizioni totali sono stati posti a confronto con valori rilevati in bibliografia, riportati nella successiva Tabella 4.29.

Publicazione	Area	BaP [ $\text{ng}/\text{m}^2\cdot\text{gg}$ ]
Menichini et al. 2006	Melfi, area rurale	1.9 – 5.7
Magistrato acque 2000	Laguna di Venezia	6 - 9
EMEP 2005	Finlandia, area rurale	2 - 10
EMEP 2005	Svezia, area rurale	5 - 17
Magistrato acque 2000	Venezia, area urbana	30
Motelay-Massei et al. 2003	Parigi, area urbana	25
Halsall et al. 1997	Cardiff, area urbana	219
Halsall et al. 1997	Manchester, area urbana	300

Tabella 4.29 – riferimenti bibliografici – benzo(a)pirene nelle deposizioni

In Tabella 4.30 sono invece riportate le medie annuali di BaP e la sommatoria di IPA totali rilevati nelle postazioni di Ravenna.

		Cà Nova	San Vitale
<b>Benzo(a)pirene</b>	<b><math>\text{ng}/\text{m}^2\cdot\text{gg}</math></b>	<b>3.7</b>	<b>4.1</b>
<b>IPA tot</b>	<b><math>\text{ng}/\text{m}^2\cdot\text{gg}</math></b>	<b>68.5</b>	<b>123.0</b>

Tabella 4.30 – BaP e IPA totali - medie annuali 2020

Il flusso di deposizione del BaP risulta, per entrambe le postazioni, in linea con il flusso riportato in bibliografia per le aree rurali, nonostante la postazione San Vitale sia collocata in un'area industriale/portuale.

Il Benzo(a)pirene e gli IPA totali nelle deposizioni hanno avuto un decremento negli ultimi tre anni, in particolare nella stazione Porto San Vitale, come risulta dalla figura 4.44, dov'è riportato il flusso di deposizione del benzo(a)pirene e gli IPA totali espressi come media annua e calcolati a partire dai flussi mensili.

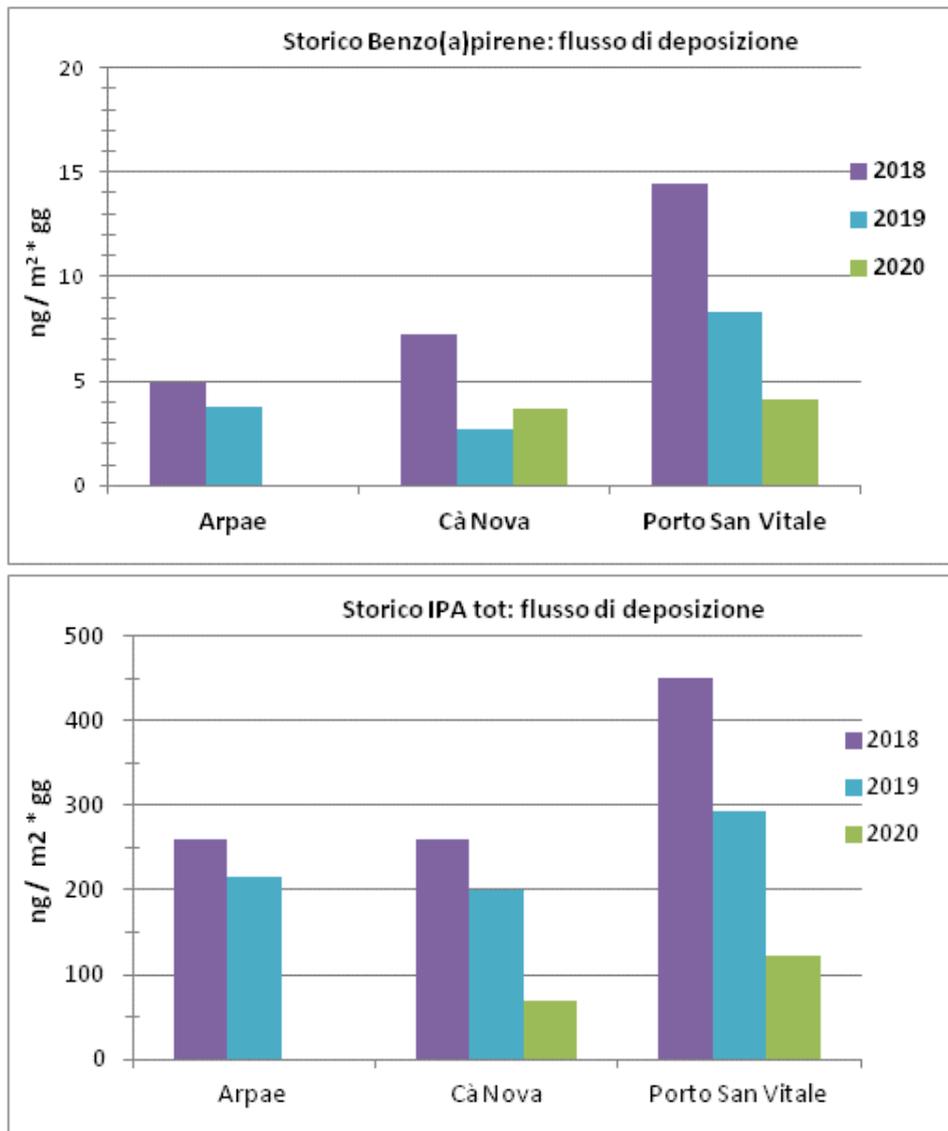


Figura 4.4: Trend medie annuali per Benzo(a)pirene e IPA totali

## 4.10.2 Metalli

L'Unione Europea non prevede una normativa specifica sui metalli nelle deposizioni, anche se è stato pubblicato un position paper e alcuni paesi europei hanno fissato limiti alla concentrazione di Pb, Cd, Ni e As nelle deposizioni totali (Tabella 4.31):

		Pb ( $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{gg}$ )	Cd ( $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{gg}$ )	Ni ( $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{gg}$ )	As ( $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{gg}$ )
limite Germania		100	2	15	4
limite Austria		100	2		
limite Belgio		250	2		
limite Croazia		100	2	15	4
limite Svizzera		100	2		
Position paper	aree rurali		0.011 – 0.14	0.03 – 4.3	0.082 – 0.43
	aree urbane		0.16 – 0.90	5 – 11	0.22 – 3.4
	aree industriali		0.12 – 4.6	2.3 – 22	2.0 – 4.3

Tabella 4.31 – Metalli - Normative nazionali e riferimenti europei

I dati misurati nel 2020 nelle due stazioni di Ravenna, confrontati con dati di bibliografia e i limiti soprarichiamati, sono riportati in Tabella 4.32.

$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{gg}$	V	Cr	Ni	As	Ag	Cd	Pb
Cà Nova	2.11	3.15	2.68	0.35	0.10	0.38	3.72
San Vitale	8.83	18.42	6.11	1.07	0.11	0.67	8.21
Aree rurali Francia			1.6 - 3.7	0.6 - 0.7		0.2 - 0.9	3.3 – 10.3
Aree urbane Francia			1.0 - 22.9	0.05 - 1.3		0.3 - 3.0	0.4 - 106
Area rurale Lucca		6.2	1.7 - 5.6	1.5 - 5.1		0.5 - 2.2	20.5
Ex resit – sito industriale			0.9	0.4		0.03	2.8

Tabella 4.32 – metalli nelle deposizioni totali - medie annuali 2020 e dati bibliografici

Cd, Ni e As sono confrontabili con i dati riportati nel position paper europeo per aree urbane; il Pb è decisamente inferiore ai limiti proposti da Germania, Austria, Croazia e Svizzera (circa 1/10 del limite), così come il Cadmio, il Nichel e l'Arsenico.

Concentrazioni maggiori di Vanadio, Nichel e Piombo, rispetto alla stazione in Pineta, sono state misurate a Porto di San Vitale e sono probabilmente riconducibili al traffico navale (in particolare il vanadio, un tracciante di questa sorgente emissiva).

In figura 4.45 si riportano gli andamenti delle medie annuali negli ultimi tre anni per tutti i metalli nelle due postazioni e nel 2018 e 2019 per la postazione in area urbana (Arpae).

In generale, si nota una diminuzione di tutti i metalli nel 2020 rispetto gli anni precedenti, tranne per il Cd di Porto San Vitale in cui si ha un aumento di concentrazione rispetto al 2019 (su valori, però, estremamente bassi).

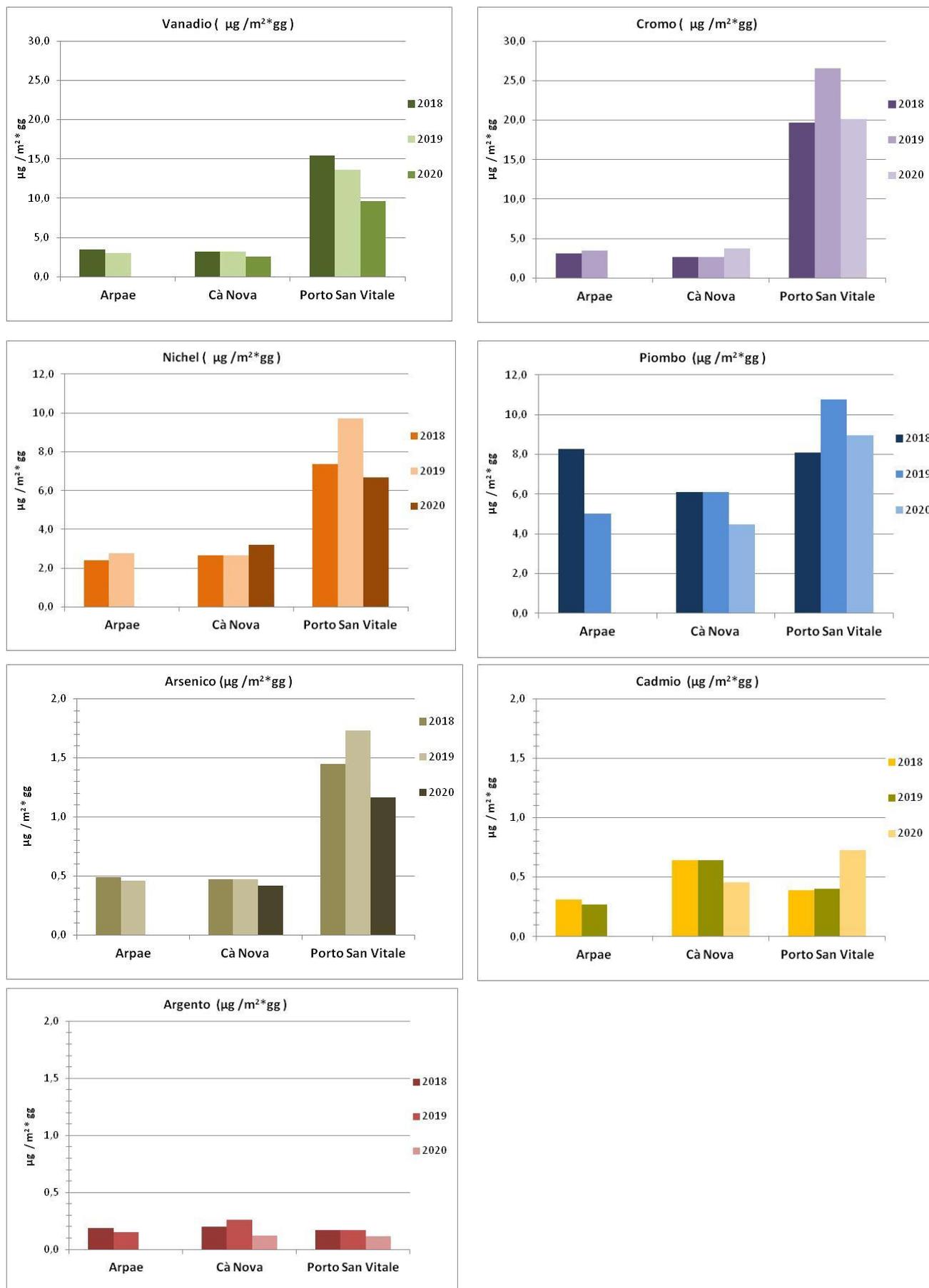


Figura 4.45: Andamento medie annuali dei metalli nelle deposizioni: 2018-2020

### 4.10.3 - PCB, Diossine e Furani

L'Unione Europea non fornisce valori di riferimento/limiti per diossine-furani (PCDD/F) e PCB-DL in atmosfera, così alcuni Stati dell'Unione hanno proposto valori guida per le deposizioni. I valori guida per le deposizioni sono ricavati a partire dai valori di "dose tollerabile giornaliera (TDI)<sup>5</sup>" per l'organismo umano, indicati dall'OMS.

A Partire dai dati di TDI della OMS, nel 2001 il comitato scientifico dell'alimentazione umana (Scientific Committee on Food (SCF)) dell'Unione Europea ha stabilito un valore cumulativo per la dose tollerabile settimanale di PCDD/F e PCB-DL pari a 14 pgTEQ/giorno\*kg peso corporeo.

Per calcolare i valori guida per le deposizioni delle diossine che rispettano i valori di "dose tollerabile" per l'uomo, è stata utilizzata una catena modellistica che include tre sotto modelli:

- un modello atmosferico per calcolare le deposizioni secche e umide,
- un modello per calcolare le concentrazioni di PCDD/F e PCB-DL sul suolo e sull'erba;
- ed infine, un modello che descrive il trasferimento di questi inquinanti dagli animali al latte ed alla carne.

I valori di riferimento per le deposizioni, ricavati dall'applicazione della catena modellistica, sono riportati in Tabella 4.32. Per rispettare, ad esempio, un livello di TDI di 3 pg TEQ per kg di peso corporeo sono ammesse deposizioni giornaliere di 10 pg TEQ/m<sup>2</sup> per un intero anno, oppure 20 pg TEQ/m<sup>2</sup> di deposizioni mensili.

	assunzione giornaliera correlata - (TDI) [pgWHO-TE/kg di peso corporeo giorno]	deposizione media consentita (media annua) [pg WHO-TE/m <sup>2</sup> d]	deposizione media consentita (media mensile) [pg WHO-TE/m <sup>2</sup> d]
		<b>PCDD/F</b>	<b>PCDD/F</b>
L. Van Lieshout et al., 2001	1	3.4	6.8
	3	10	20
	4	14	27
		<b>PCDD/F e DL-PCB</b>	<b>PCDD/F e DL-PCB</b>
Cornelis et al., 2007	2	8.2	21
Germania German expert group (LAI 2004) valori guida per le deposizioni	--	4 9 per impianti	--

**Tabella 4.33 – valori guida per le deposizioni sviluppati a partire dai valori di "dose tollerabile giornaliera" per l'organismo umano TDI<sup>4</sup>, stabiliti dall'OMS**

I dati misurati nelle due postazioni, espressi in flusso di deposizione, in mancanza di una specifica normativa italiana, sono di seguito confrontati con dati di bibliografia. In particolare:

- i PCB sono confrontati con i dati della rete SAMANET<sup>6</sup>, rete costituita da deposimetri dislocati lungo la laguna di Venezia per valutare le ricadute della zona industriale di Marghera;
- le Diossine sono confrontate con un valore guida desunto dall'obiettivo di assorbimento giornaliero di 1 pg TEQ/giornoxKg peso corporeo indicato dall'OMS. A partire da questa dose

<sup>5</sup> L'OMS ha definito la **dose tollerabile giornaliera** (TDI) pari a 1÷4 pg/TEQ/kg di peso corporeo (WHO, Ginevra 25-29 maggio 1998), con l'obiettivo di ridurre l'assorbimento giornaliero intorno ad 1 pgTEQ/giorno\*kg peso corporeo.

Per una persona di 70 kg la TDI deve tendere a 70 pgTEQ/giorno.

<sup>6</sup> La rete di **Monitoraggio SAMANET**, realizzata e gestita dalla Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque (SAMA), consiste in un sistema di stazioni fisse per il monitoraggio in continuo dei principali parametri chimico-fisici delle acque e di una rete di deposimetri dislocati all'interno della laguna di Venezia per il monitoraggio delle deposizioni totali. Questi parametri vengono automaticamente rilevati con frequenza prestabilita e inviati alla stazione di controllo, situata presso la Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque, per la successiva elaborazione, archiviazione e validazione.

è stato quindi calcolato un valore corrispondente di deposizione giornaliera media annuale consentita di 3.4 pg I-TEF /m<sup>2</sup>\*day e una deposizione giornaliera media mensile di 6.8 pg I-TEF/m<sup>2</sup>\*day (L. Van Lieshout et al., 2001), quest'ultima viene confrontata con il massimo della deposizione mensile nelle due stazioni.

Nelle Tabelle 4.34 e 4.35 sono riportate le deposizioni totali annuali di PCB, diossine e furani rilevate nelle 2 postazioni.

	Pineta Cà Nova	San Vitale	Rete SAMANET
<b>PCB tot</b> Deposizione annuale (µg/m <sup>2</sup> *anno)	0.15	0.14	0.05 - 2.55

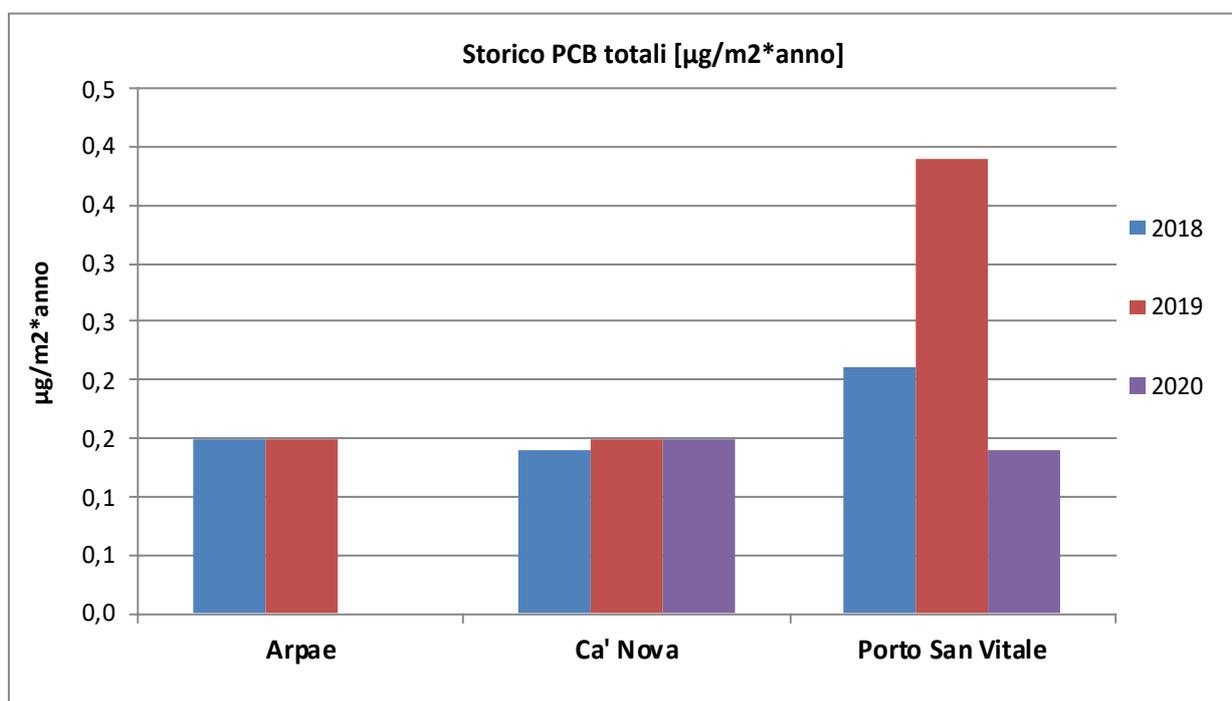
Tabella 4.34 – Flussi annuali di PCB - 2020

	Pineta Cà Nova	San Vitale	OMS
<b>PCDD/F</b> Deposizione annuale (pg I-TEF/m <sup>2</sup> *gg)	0.15	0.19	3.4
<b>PCDD/F</b> Max Deposizione media mensile (pg I-TEF/m <sup>2</sup> *gg)	0.007	0.008	6.8

Tabella 4.35 – Flussi annuali di PCDD/F – anno 2020

Infine, nella figura 4.46, si riportano gli andamenti delle deposizioni annuali e mensili dei PCB tot e PCDD/F. Si osserva un andamento piuttosto stabile per i PCB totali nella stazione Cà Nova e una minor concentrazione per il Porto San Vitale nel 2020.

Invece, per i PCDD/F si è rilevato un aumento rispetto gli anni precedenti in entrambe le stazioni.



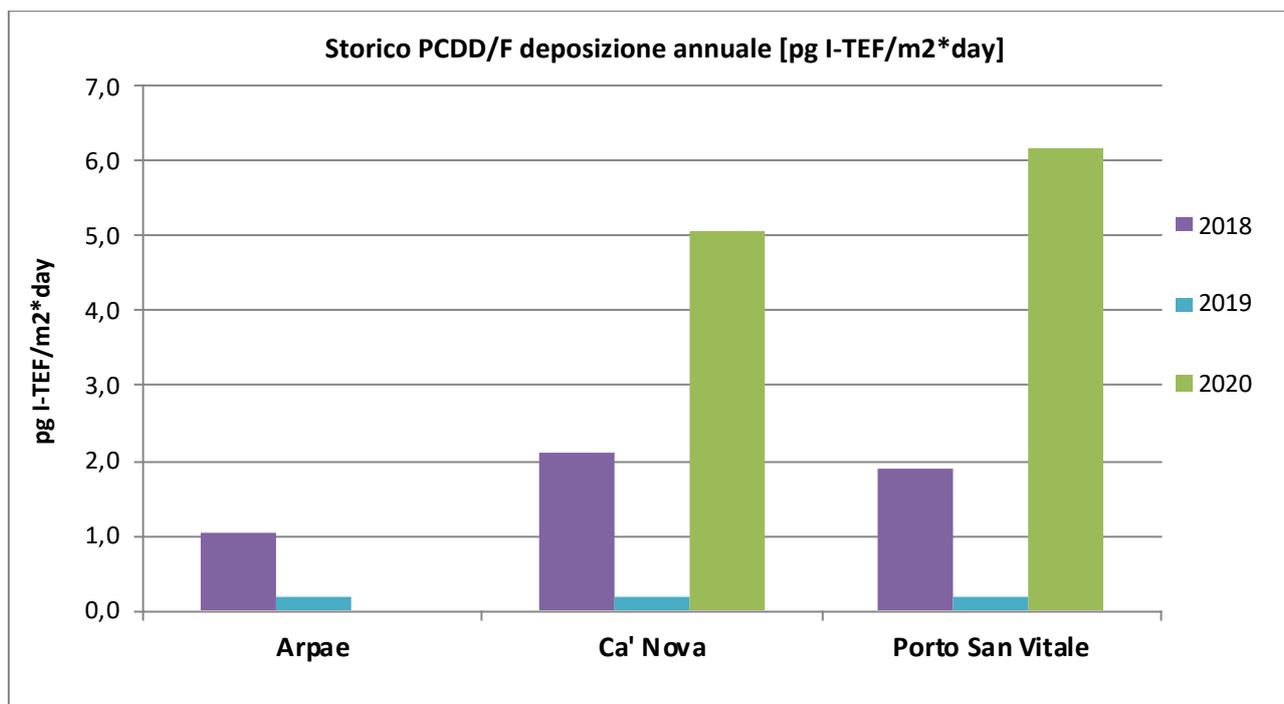


Figura 4.46: Trend PCB totali e PCDD/F annuali