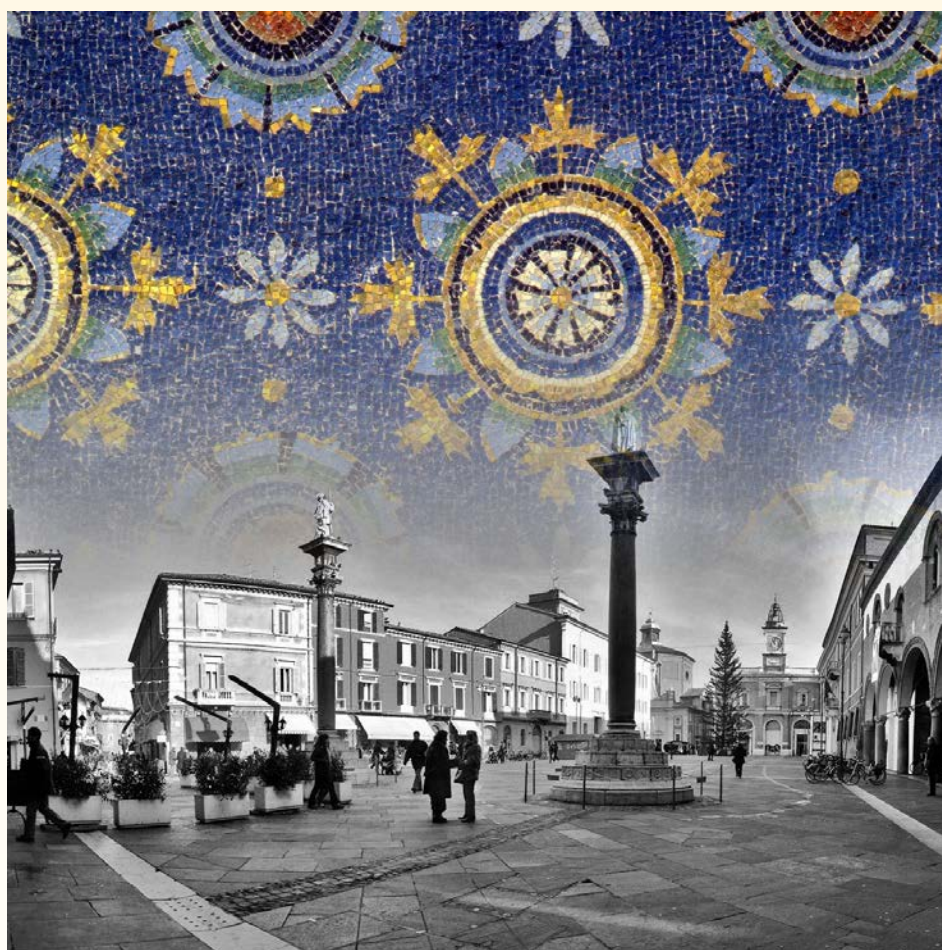


Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Ravenna

Anno 2015



Sezione Provinciale di Ravenna - Servizio Sistemi Ambientali

via Alberoni 17 - 48100 Ravenna - Tel 0544 – 210629- 30-31 – Fax 210650

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

Gestione monitor e postazioni

Deborah Valbonetti
Lorenzo Bettini
Valter Gnani
Emilio Rambelli

Analisi di laboratorio

Ivan Scaroni
Monica Pagnani
Manuela Briccolani
Davide Panniello
Alberto Santolini
Davide Verna

Elaborazione dati

Patrizia Luciali
Elisa Pollini
Deborah Valbonetti

Redazione relazione

Patrizia Luciali
Elisa Pollini
Deborah Valbonetti

Dal 2005 la Rete Regionale di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA) è certificata ISO 9001:2008 relativamente al processo di monitoraggio, acquisizione e validazione dati.



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

INDICE

	Pag.
1 - IL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA	1
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
2 – LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	7
2.1 Configurazione attuale della Rete	7
2.2 Riconfigurazione della Rete Regionale	9
2.3 Stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria di Ravenna	10
2.4 Stazioni della Rete Locale Industriale di Ravenna	13
3 - LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE NEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI RAVENNA	15
3.1 Gli indicatori meteorologici per lo studio della qualità dell'aria	15
3.2 Andamento meteorologico del 2015 nella Provincia di Ravenna	16
3.2.1 Temperatura	16
3.2.2 Precipitazioni	17
3.2.3 Intensità e direzione del vento	18
4 - VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI RAVENNA	21
4.1 Biossido di Zolfo SO ₂	21
4.2 Biossido di Azoto NO ₂ e Ossidi di Azoto NO _x	24
4.3 Monossido di Carbonio CO	33
4.4 Ozono	37

4.5 Benzene C₆H₆	45
4.6 Toluene C₇H₈ e Xileni C₈H₁₀	51
4.7 Particolato PM 10	55
4.8 Particolato PM 2,5	62
4.9 Analisi sul particolato	68
4.9.1 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	69
4.9.1.1 IPA nel PM _{2,5} e rapporto PM ₁₀ /PM _{2,5}	73
4.9.1.2 Rapporti diagnostici	75
4.9.2 Metalli	79
4.9.3 Diossine, Furani e Policlorobifenili	93
4.10 Indice sintetico di Qualità dell'Aria (IQA)	99
4.11 Deposizioni umide	102
4.11.1 Deposizioni umide di sostanze acidificanti	104
4.11.2 Deposizioni umide di sostanze eutrofizzanti	105

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 DL.vo del 13 agosto 2010, n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". Il decreto ha introdotto nuovi strumenti con l'obiettivo di contrastare più efficacemente l'inquinamento atmosferico. Oltre a fornire una metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione), definisce i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria, su base annuale, in relazione alle concentrazioni dei diversi inquinanti.

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

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

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

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

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

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

Tabella 1.3 - Soglie di allarme per biossido di zolfo e di azoto: Livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

Anche l'ozono – inquinante secondario che si forma, attraverso reazioni fotochimiche, a partire da inquinanti precursori (principalmente ossidi di azoto e composti organici volatili) in presenza della luce del sole – ha effetti sulla salute dell'uomo e sulla vegetazione. 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* da perseguire secondo una tempistica stabilita (Tabelle 1.4 e 1.5).

Valori obiettivo			
Finalità	Periodo di mediazione	Valore obiettivo (1.1.2010)	Data raggiungimento⁽²⁾
Protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	120 µg/m ³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2013 (dati 2010 – 2012)
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽¹⁾ Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	18000 µg/m ³ h come media su 5 anni	2015 (dati 2010 – 2014)
Obiettivi a lungo termine			
Finalità	Periodo di mediazione	Obiettivo a lungo termine	Data raggiungimento⁽³⁾
Protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	120 µg/m ³	Non definito)
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽¹⁾ Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	6000 µg/m ³ h	Non definito
(1) AOT40 (espresso in µg/m ³ h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni > 80 µg/m ³ e 80 µg/m ³ 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 (3) Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine			

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

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

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

Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
Informazione	1 ora	180 µg/m ³
Allarme	1 ora ⁽¹⁾	240 µg/m ³
(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.

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.

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:

- 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", allo scopo di rendere tempestive le informazioni sui superamenti della soglia di informazione. Il bollettino è consultabile alla pagina <http://www.arpa.emr.it/qualita-aria/bollettino-ozono/>. In estate anche il sito web della Provincia di Ravenna viene aggiornato con le informazioni sui superamenti di Ozono registrati a livello locale, all'indirizzo: <http://www.provincia.ra.it/Argomenti/Ambiente/Aria/Superamenti-Ozono>

Sempre allo scopo di facilitare la diffusione e la lettura 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: <http://www.arpa.emr.it/qualita-aria/bollettino-qa/>);
- le previsioni delle concentrazioni di PM10, PM2,5, Ozono e Biossido di Azoto su scala regionale. (*link*: http://www.arpa.emr.it/v2_aria.asp?idlivello=134&tema=previsioni)

Il Decreto 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/m³) viene usato come *marker* per il rischio cancerogeno degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

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

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

Valore Obiettivo: Livello da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita (31 dicembre 2012).

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, indicati in grigio quelli richiamati dal DLvo 155/2010.

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

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

Tabella 1.7 – Cancerogenicità dei principali IPA.

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

Nel 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
OMS – valori guida 2005		
NO₂	40 µg/m ³	annuale
	200 µg/m ³	1 ora
SO₂	20 µg/m ³	24 ore
	500 µg/m ³	10 min
O₃	100 µg/m ³	8 ore
PM₁₀	20 µg/m ³	annuale
	50 µg/m ³	24 ore
PM_{2.5}	10 µg/m ³	annuale
	25 µg/m ³	24 ore
OMS – valori guida 2000		
CO	100 mg/m ³	15 min
	60 mg/m ³	30 min
	30 mg/m ³	1 ora
	10 mg/m ³	8 ore
Toluene	260 µg/m ³	Media settimanale
Xileni	4800 µg/m ³	Media su 24 ore

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)

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 tumore che può verificarsi in una ipotetica popolazione nella quale tutti gli individui siano continuamente esposti, dalla nascita e per tutto l'intero tempo di vita, ad una concentrazione dell'agente di rischio nell'aria che essi respirano pari ad $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

Tabella 1.9 Indice di rischio unitario (OMS)

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

A norma del DL.vo 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).

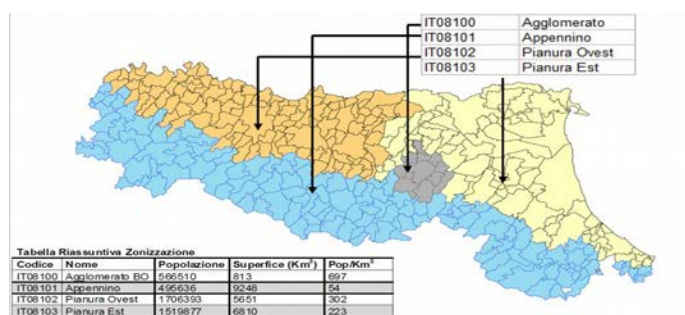


Figura 1.1 – Zonizzazione regionale (DLgs 155/2010 e DGR 2001/2011)

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

ZONA Pianura EST	Alfonsine, Bagnacavallo, Bagnara di Romagna, Castel Bolognese, Cervia, Conselice, Cotignola, Faenza, Fusignano, Lugo, Massa Lombarda, Ravenna, Russi, Sant'Agata sul Santerno, Solarolo
-----------------------------	---

ZONA
Appennino

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) che non è stato ad oggi ancora approvato (approvazione che dovrebbe avvenire entro fine 2015).

1.4 – Limiti di quantificazione strumentali (LdQ)

Il limite di quantificazione è il limite di [concentrazione](#) fino al quale è possibile ottenere strumentalmente una misura di tipo quantitativo con ragionevole certezza statistica

Di seguito si riportano i limiti di quantificazione degli analizzatori automatici in uso nella Rete Regionale di Qualità dell'aria.

<i>Inquinante</i>	<i>Limite di quantificazione L.Q.</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Espressione utilizzata in caso di valore inferiore a LQ</i>
NO₂	12	µg/m ³	<12
SO₂	14	µg/m ³	<14
O₃	10	µg/m ³	<10
PM₁₀	5	µg/m ³	<5
PM_{2.5}	5	µg/m ³	<5
CO	0,6	µg/m ³	<0,6
Benzene	0,5	µg/m ³	<0,5

2. LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

2.1 - Configurazione attuale della Rete

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 – 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).

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*).

A Ravenna sono presenti anche due stazioni di monitoraggio 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 2.1 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.

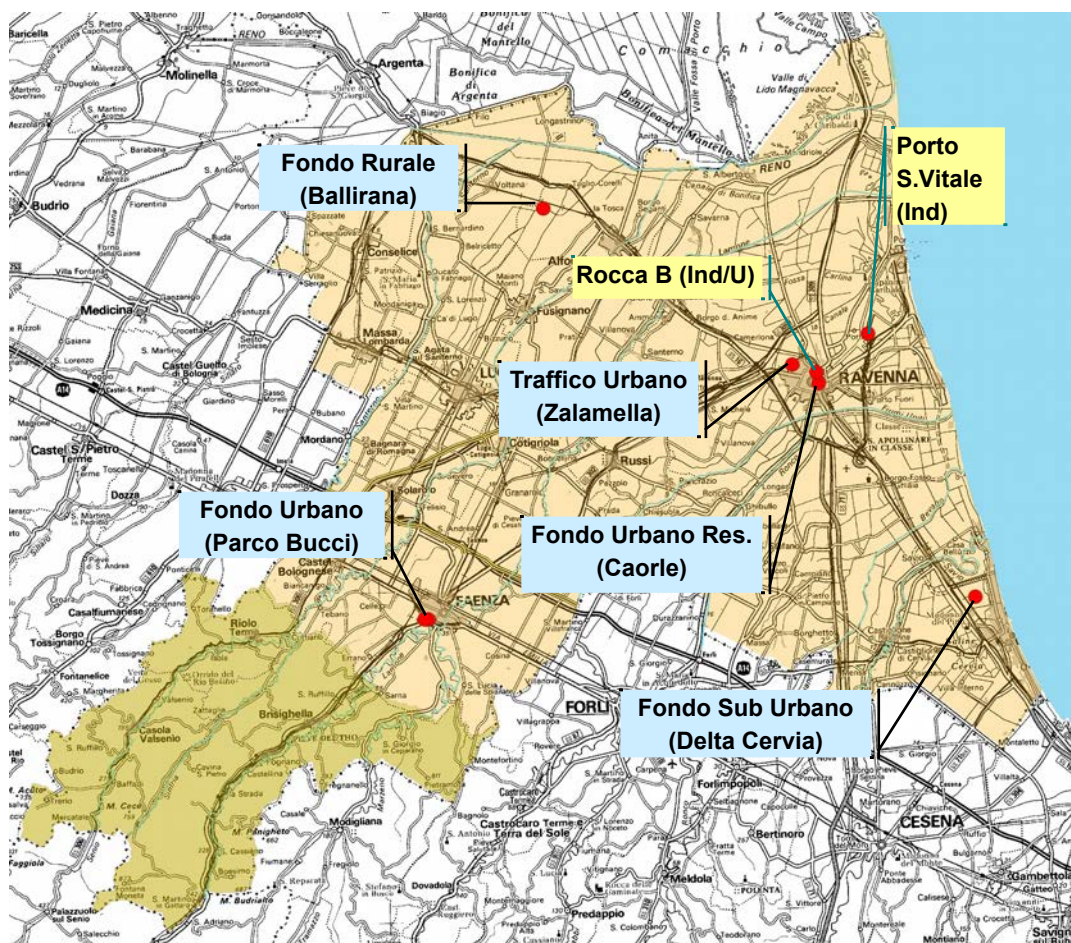


















































Figura 2.1 - Ravenna - Distribuzione spaziale delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria

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	SO ₂	O ₃	
	Alfonsine	Ballirana		FRu								
	Cervia	Delta Cervia		FSubU								
	Faenza	Parco Bucci		FU								
	Ravenna	Caorle		FU-Res								
	Ravenna	Zalamella		TU								
	Ravenna	Rocca Brancaleone		Ind-U								
	Ravenna	Porto San Vitale		Ind								

Legenda

Classificazione Zona	
	Urbana
	Suburbana
	Rurale

Classificazione Stazione	
	Traffico
	Fondo
	Industriale

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

Tabella 2.1 – Configurazione della RRQA di Ravenna al 31/12/2014

Sempre a Ravenna, in prossimità della zona industriale, sono presenti cinque 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	O ₃	SO ₂	PM10	PM 2.5
Germani	X		X	X	X
Marani	X		X	X	
AGIP 29				X	X
Marina di Ravenna	X	X			
Zorabini	X	X	X		

Tabella 2.2 - Dotazione strumentale (inquinanti monitorati) nelle stazioni della rete privata (2014)

Nei capitoli successivi sono riportate le elaborazioni statistiche dei dati rilevati dalla rete pubblica.

2.2 – Riconfigurazione della Rete Regionale

Come richiamato nella parte normativa, a fine 2011 è stata deliberata una nuova zonizzazione regionale. 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. A tal fine è stato predisposto un Programma di Valutazione (inviato ed approvato dal Ministero) che individuava - a livello regionale - le stazioni della rete da utilizzare per la valutazione degli standard di qualità dell'aria previsti dal Decreto, Programma attuato nel biennio 2012 – 2013. L'analisi della rete esistente ed il suo aggiornamento ai sensi del DLgs n. 155/2010 è stata effettuata considerando i seguenti criteri normativi:

1. Limitare al minimo le porzioni di territorio completamente prive di punti misura, compatibilmente con i criteri del D.Lgs. 155/2010, pur cercando di contenere al massimo il numero di stazioni utilizzate, al fine di non perdere informazioni importanti circa il territorio monitorato.
2. Privilegiare le stazioni attive da più tempo senza compromettere l'efficacia delle stazioni di nuova locazione.
3. Mantenere la configurazione delle stazioni da traffico presenti in quanto già essenziali per la valutazione della componente di maggior peso nell'inquinamento regionale.
4. Privilegiare le stazioni che misurano più inquinanti con particolare attenzione alla misura del PM2.5
5. Privilegiare le stazioni in grado di misurare, accanto alla massa complessiva, anche la composizione chimica e granulometrica del particolato.
6. Mantenere tutte le stazioni necessarie per garantire le prestazioni dei modelli previsionali e di analisi del territorio a supporto delle valutazioni e della gestione della qualità dell'aria sul territorio della Regione Emilia-Romagna.
7. Rispettare i requisiti minimi di valutazione mediante stazioni fisse previsti nel DLgs n. 155/2010 in relazione alla nuova zonizzazione.

La declinazione dei punti sopra riportati, congiuntamente ai contenuti della norma, ha portato ad una prima ridefinizione della rete regionale composta da 47 stazioni di misura (Fig.2.2), rispetto alle 63 precedentemente in funzione, con possibili margini di ottimizzazione.

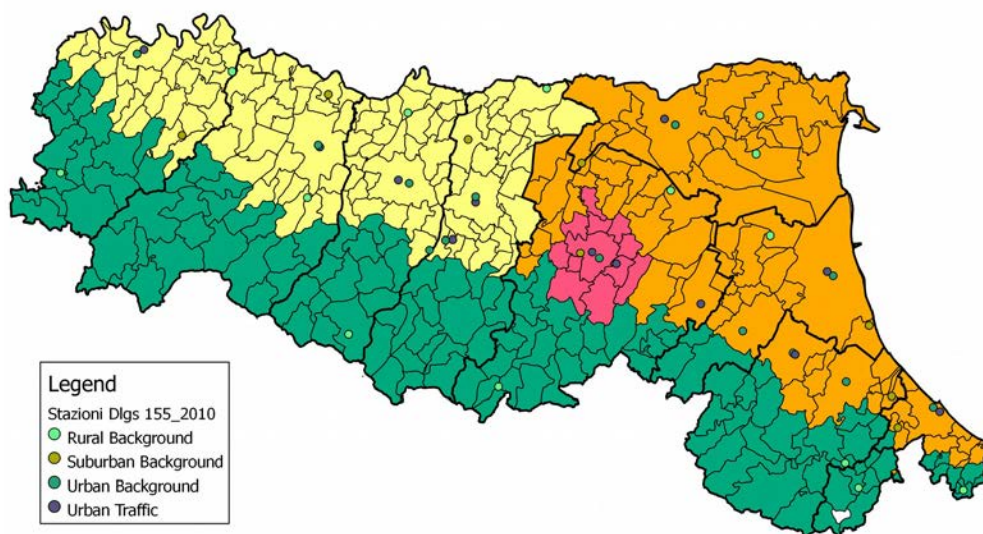




Figura 2.2 -
Dislocazione delle
stazioni nella rete
regionale

(DLgs 155/2010 e
DGR 2001/2011)

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 2014.

Stazione: <i>Ballirana (Alfonsine)</i>	Zona : <i>Agglomerato Pianura Est</i>
	
Tipo Stazione: Fondo Rurale	Coordinate geografiche:
Inquinanti: $PM_{2,5}$ - NO_x - O_3	UTM32 X: 736992 Y: 934882

Stazione: <i>Delta Cervia (Cervia)</i>	Zona : <i>Agglomerato Pianura Est</i>
	
Tipo Stazione: Fondo SubUrbano	Coordinate geografiche:
Inquinanti: PM_{10} - NO_x - O_3	UTM32 X: 765899 Y: 908893

Stazione: **Zalamella (Ravenna)**

Zona : **Agglomerato Pianura Est**



Tipo Stazione: **Traffico Urbano**

Coordinate geografiche:

Inquinanti: **PM₁₀ - NO_x - CO - BTX**

UTM32: X: 753646 Y: 924418

Stazione: **Caorle (Ravenna)**

Zona : **Agglomerato Pianura Est**



Tipo Stazione: **Fondo Urbano Residenz.**

Coordinate geografiche:

Inquinanti: **PM₁₀ PM_{2,5}- NO_x - O₃ - SO₂**

UTM32: X: 756779 Y: 923593

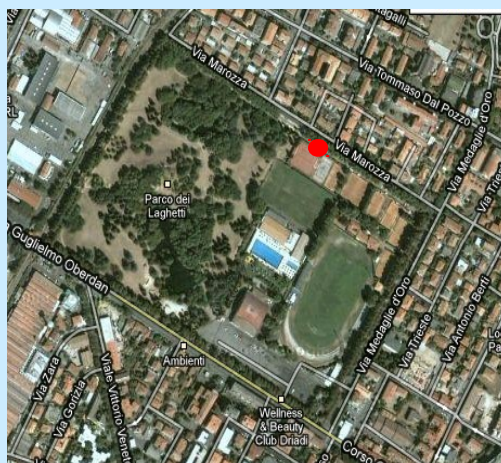
Stazione: *Parco Bucci (Faenza)*



Tipo Stazione: Fondo Urbano

Inquinanti: PM₁₀ – PM_{2.5} – NO_x – O₃

Zona : *Agglomerato Pianura Est*



Coordinate geografiche:

UTM32

X: 729057

Y: 907366

2.4 Stazioni della Rete Locale industriale di Ravenna

Stazione: Rocca Brancaleone (Ravenna)



Tipo Stazione: Industriale / Urbana

Inquinanti: PM₁₀ - NO_x - SO₂- CO - O₃

Stazione locale industriale



Coordinate geografiche:

UTM32 X: 755267 Y: 923906

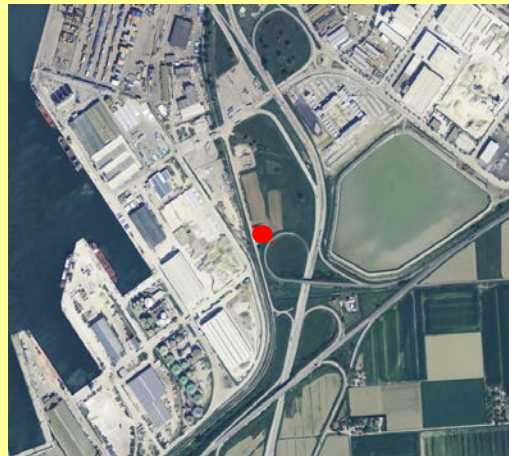
Stazione: Porto San Vitale (Ravenna)



Tipo Stazione: Industriale

Inquinanti: PM₁₀ – PM_{2,5} - NO_x - SO₂- CO
-O₃ - 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 stazione SAPIR che, dopo 23 anni di onorato servizio, viene 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 basse temperature, durante il periodo invernale, sono spesso in relazione 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.

Gli indicatori che regolano il grado di rimescolamento - e quindi di diluizione dell'inquinante emesso - sono le **condizioni di stabilità dell'atmosfera e l'altezza dello strato di rimescolamento**

Altro indicatore - la **diffusività atmosferica** - esprime la capacità dell'atmosfera di disperdere - o di accumulare - gli inquinanti emessi dalle attività umane, e viene descritta da: altezza di rimescolamento, velocità di attrito, classe di stabilità dello strato limite.

Tali dati, che provengono dal dataset LAMA e coprono tutta l'Italia con una risoluzione di 7km, sono reperibili alla pagina http://www.arpa.emr.it/sim/?qualita_aria/turbolenza.

Di seguito si riportano le elaborazioni, relative alla Provincia di Ravenna, effettuate utilizzando i dati di tre stazioni meteorologiche rappresentative del territorio provinciale: una stazione in area urbana (Ravenna), una in area collinare (Brisighella – Rontana) ed infine una nell'entroterra faentino (Granarolo Faentino) (Fig.3.1).

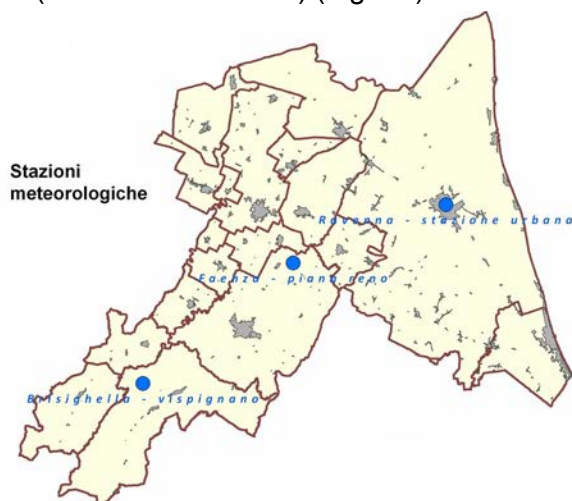


Figura 3.1 - Dislocazione delle stazioni meteorologiche

3.2 - Andamento meteorologico del 2015 nella Provincia di Ravenna

3.2.1 – Temperatura

In figura 3.2 sono riportate le temperature medie, minime e massime mensili per l'anno 2015 misurate nelle tre stazioni.

Gli andamenti mensili delle temperature rilevate risultano molto simili e non ci sono variazioni di rilievo, fra le diverse zone, per le temperature medie. Variazioni lievemente più marcate si rilevano fra le temperature minime e massime nell'entroterra rispetto alla stazione di Ravenna, che risente maggiormente della vicinanza al mare.

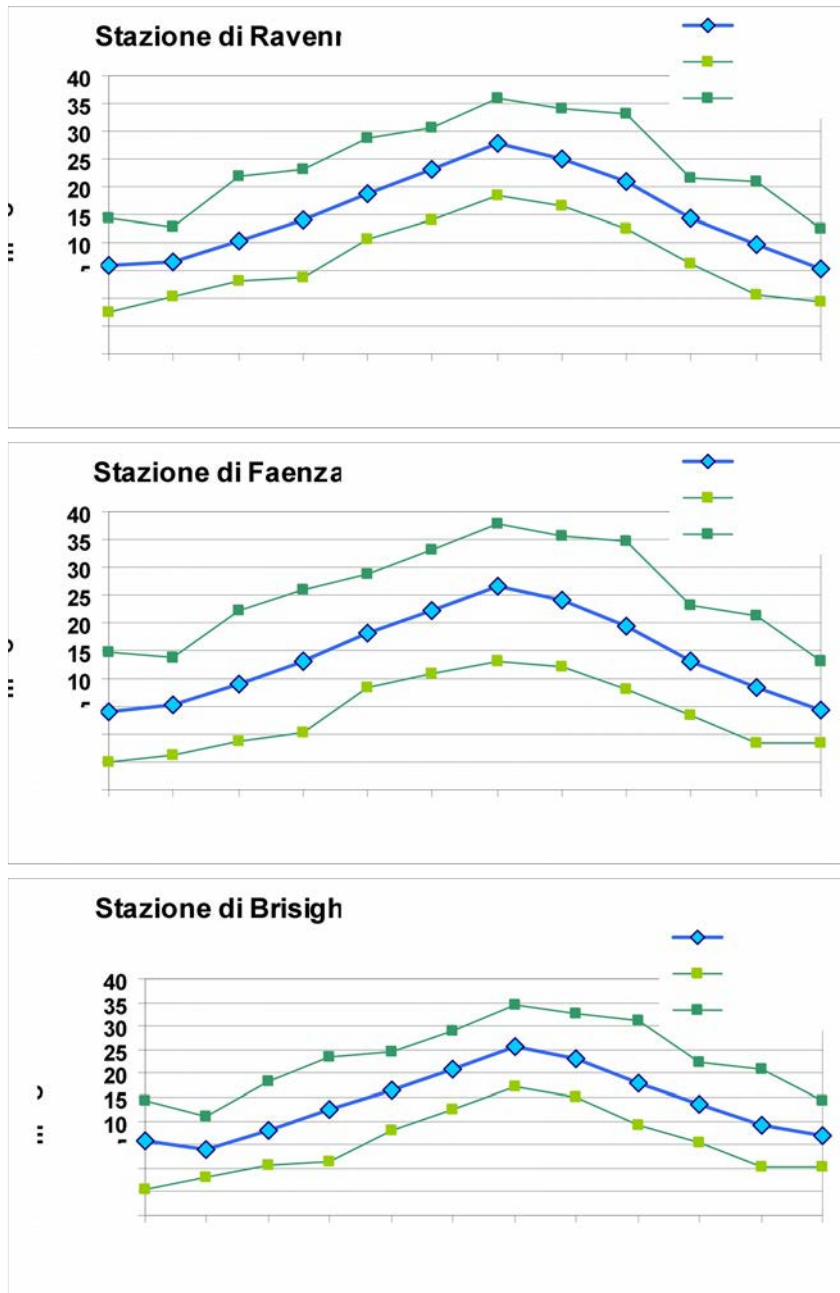


Figura 3.2
Medie, minimi e massimi mensili delle temperature – Anno 2015

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 nelle tre stazioni meteorologiche e presso la stazione della qualità dell'aria di Porto San Vitale, all'interno dell'area portuale di Ravenna (attivata a metà del 2013 per sostituire la stazione Sapir), in cui vengono rilevati anche alcuni parametri meteorologici. La scelta di fissare come soglia di significatività della precipitazione cumulata giornaliera 0.3 mm è da ricondurre alla definizione di “giorno critico per l’accumulo di PM₁₀” elaborata dal SIMC. Sono stabilite come “favorevoli all’accumulo di PM₁₀” le giornate con precipitazione inferiore a 0.3 mm e con indice di ventilazione (inteso come prodotto dell’altezza di rimescolamento media giornaliera e dell’intensità media giornaliera del vento) inferiore a 800 m²/sec.

Gli andamenti delle precipitazioni, seppure simili, si differenziano nelle diverse aree provinciali, anche se in tutte e quattro le stazioni il mese più piovoso è stato ottobre, mentre luglio è stato il più secco, con un minimo di precipitazione cumulata.

A Porto San Vitale si sono misurate precipitazioni cumulate significativamente inferiori rispetto alle altre stazioni.

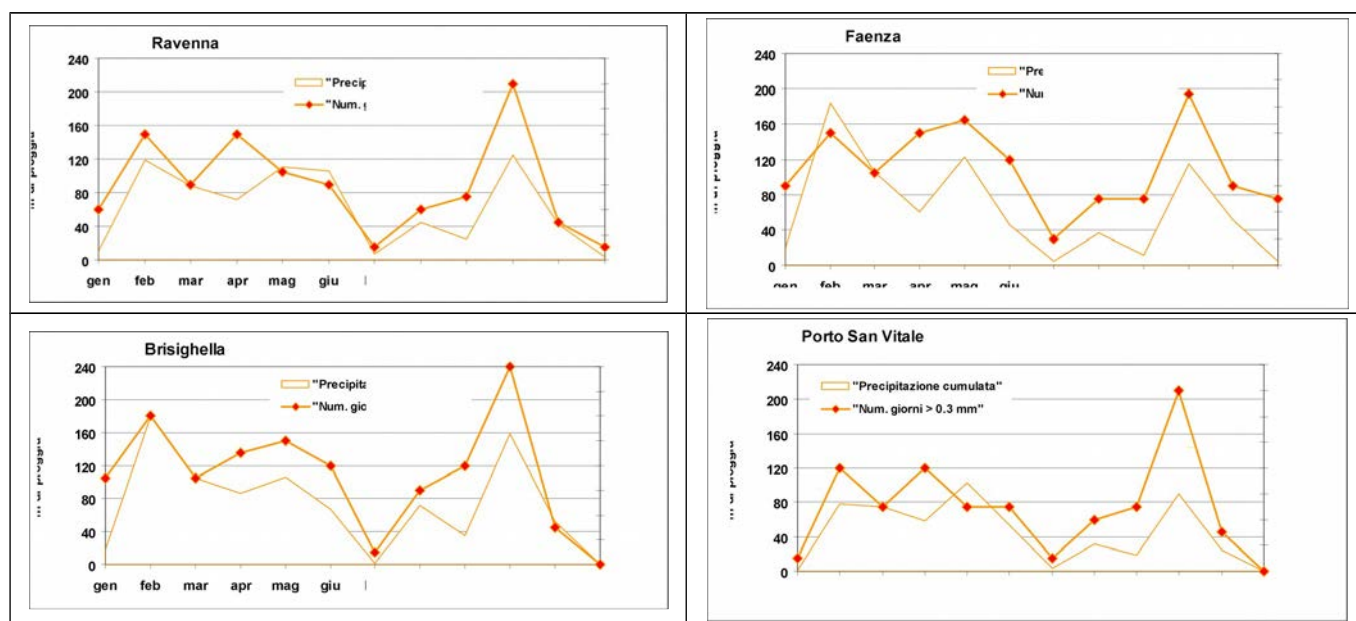


Figura 3.3
Precipitazione cumulata mensile e numero di giorni con precipitazione superiore a 0.3 mm – Anno 2015

3.2.3 – Intensità e direzione del vento

In figura 3.4 sono rappresentate le rose dei venti, in termini di direzione ed intensità, calcolate per la stazione urbana di Ravenna (Piazza Caduti), relativamente alla stazione di Faenza l'efficienza della stazione meteorologica è stata troppo bassa per consentire l'elaborazione dei dati per l'anno 2015.

La distribuzione delle velocità indica un valore inferiore a 3 m/s per la maggior parte dell'anno, con velocità analoghe nel territorio. Le direzioni del vento più frequenti sono O-NO e NO.

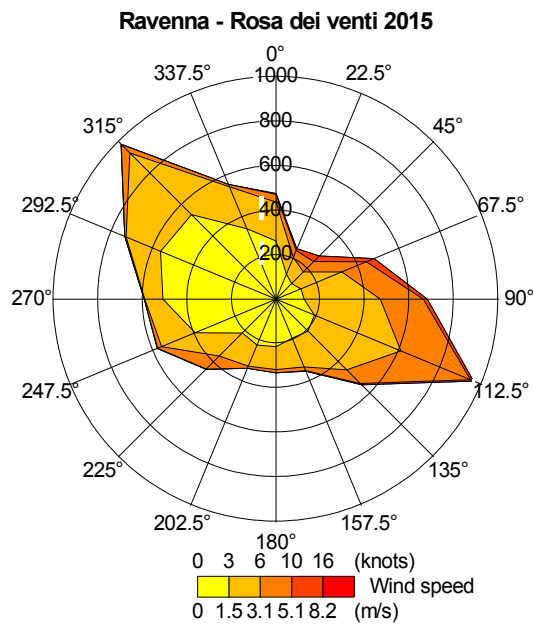


Figura 3.4
Rosa dei venti – stazione urbana di Ravenna – Anno 2015

In figura 3.5 sono rappresentate le direzioni prevalenti e le intensità medie dei venti stagionali. A Ravenna, nella stagione invernale ed autunnale, prevalgono i venti occidentali mentre, nella stagione estiva, risulta evidente l'influenza delle brezze di mare con direzione E-SE.

La primavera è la stagione in cui, in generale, si rileva la maggiore variabilità.

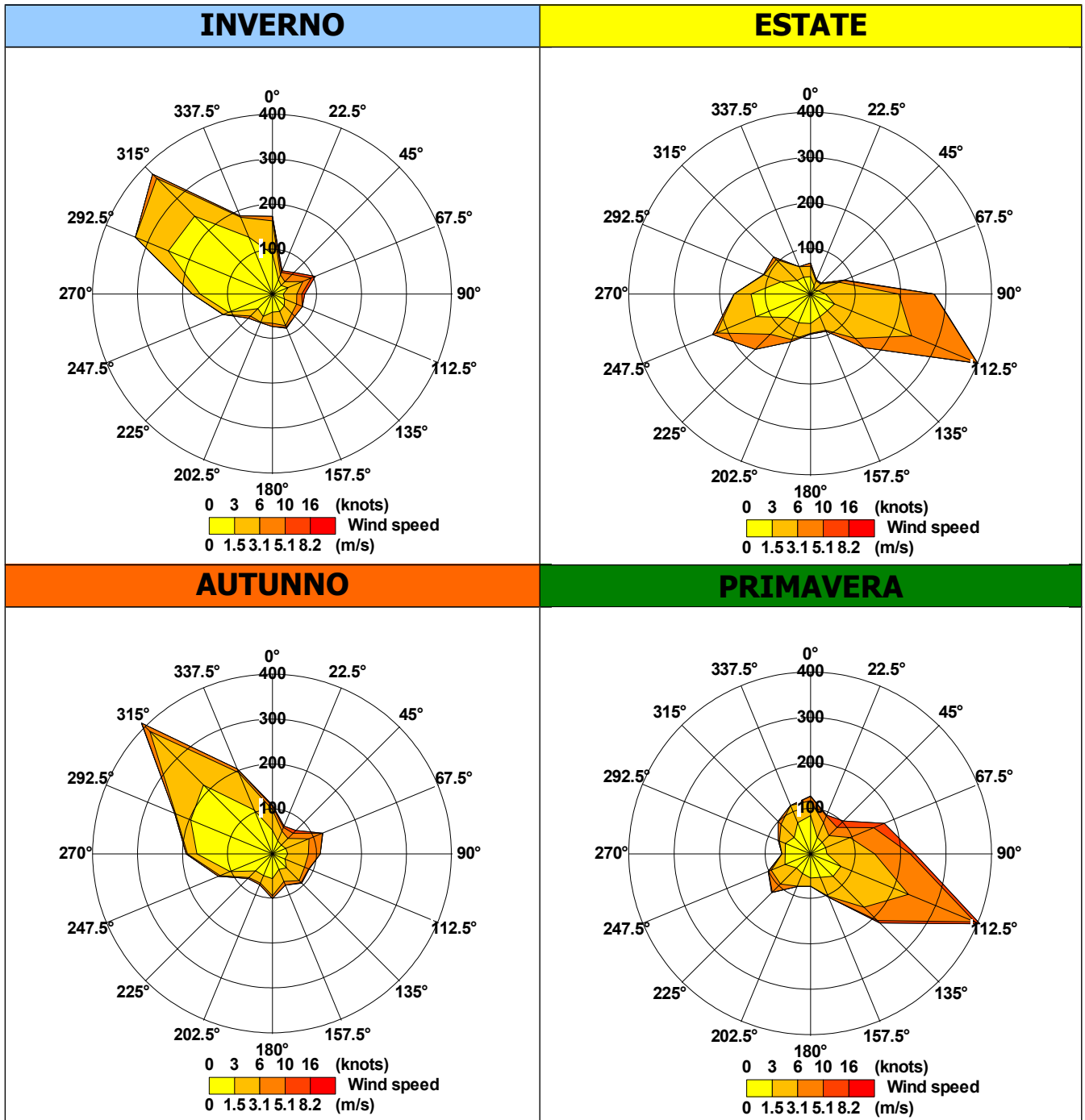




Figura 3.5 –Rose del vento stagionali per le stazione meteorologica di Ravenna - anno 2015

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

4.1 Biossido di Zolfo SO₂

Il biossido di zolfo è il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono. Nell'atmosfera l'anidride solforosa (SO₂) è ossidata ad anidride solforica (SO₃).
 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 della piogge acide, con 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 es. gasolio nafta, carbone, legna e altro. Fino a qualche decennio fa anche a livello locale la misura di SO₂ costituiva il principale indicatore dell'inquinamento di origine antropica. Negli ultimi anni le concentrazioni sono notevolmente diminuite e spesso risultano inferiori al limite di quantificazione strumentale.

Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione in aria di biossido di Zolfo (SO ₂)	2005 - 2015		

Valutazione in sintesi

Il biossido di zolfo è misurato nelle stazioni di controllo della qualità dell'aria di Caorle, Rocca Brancaleone e Porto San Vitale, dislocate a Ravenna - dove è presente un importante polo industriale con numerose potenziali fonti emissive anche di tale inquinante.

Le concentrazioni rilevate nel 2015, come del resto da diversi anni, sono contenute e solo il 3% dei dati supera il limite di quantificazione strumentale (pari a 14 µg/m³) notevolmente inferiori ai livelli previsti dalla normativa. Il rispetto dei limiti non rappresenta pertanto un problema e già da numerosi anni (1999) non si verificano superamenti.

Anche il valore più restrittivo previsto dalla normativa per questo inquinante¹ non è stato raggiunto in nessuna postazione almeno da undici anni.

¹ Livello critico invernale per la protezione della vegetazione, calcolato come media dei dati orari rilevati dal 1° ottobre al 31 marzo, che non deve superare i 20 µg/m³

SO₂ [L.Q. = 14 µg/m ³]				Concentrazioni in µg/m ³		Limiti normativi			
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	20 µg/m ³		Max 24	Max 3
						<i>Media anno</i>	<i>Media inverno</i>	<i>N° Sup. 350 µg/m³ orari</i>	<i>N° Sup. 125 µg/m³ gg</i>
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	95	< 14	44	< 14	< 14	0	0
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	94	< 14	32	< 14	< 14	0	0
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	96	< 14	61	< 14	< 14	0	0

Tabella 4.1 – SO₂: Parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme (concentrazioni espresse in µg/m³)

L'andamento delle concentrazioni dal 2005 al 2015, riportato in Tabella 4.2 e nelle Figure 4.1 - 4.2, conferma valori contenuti (inferiori al limite di quantificazione della strumentazione fissato in 14 µg/m³), con una tendenza ad un'ulteriore diminuzione.

Tabella 4.2 - Andamento temporale di SO₂ dal 2005 al 2015 (concentrazioni espresse in µg/m³)

Stazione: Caorle

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media annuale	-	-	-	-	5	5	3	3	5	4	4
Media inverno	-	-	-	-	8	3	3	5	3	5	2
50°Percentile	-	-	-	-	4	4	3	3	5	3	4
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	9
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10
98°Percentile	-	-	-	-	12	12	7	8	11	13	11
Max	-	-	-	-	46	61	44	37	40	45	44
> 350 µg/m³	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	-	-	-	-	91	99	99	97	99	97	95

Stazione: Rocca Brancaleone

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	7	4	4	2	2	3	4	4	6	6	5
Media inverno	-	-	2	2	2	4	5	6	7	7	5
50°Percentile	5	2	1	1	1	3	4	3	6	5	4
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	11
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	13
98°Percentile	21	24	23	10	8	8	11	12	13	13	16
Max	105	105	55	53	32	36	60	41	43	74	32
> 350 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	87	98	96	99	91	98	98	98	99	95	94

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

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	9	12	8	6	10	7	7	4	4	5	5
Media inverno	-	-	-	-	9	6	9	5	6	6	4
50°Percentile	3	7	4	3	7	4	3	3	3	4	4
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	11
98°Percentile	67	56	49	38	42	32	40	25	22	19	15
Max	176	169	190	135	177	93	183	180	63	111	61
> 350 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	57	99	95	95	99	99	98	94	93	93	96

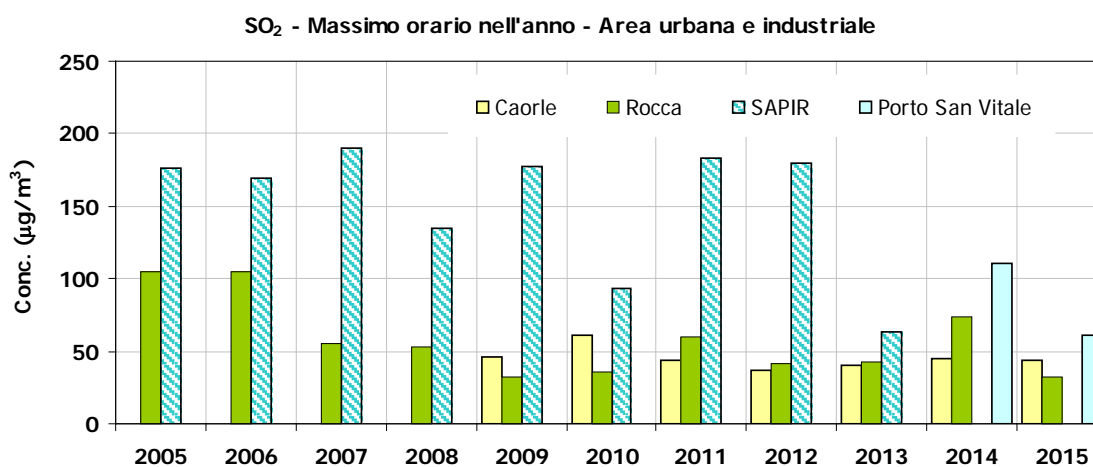


Figura 4.1 - Massimo orario - Area urbana e industriale di Ravenna

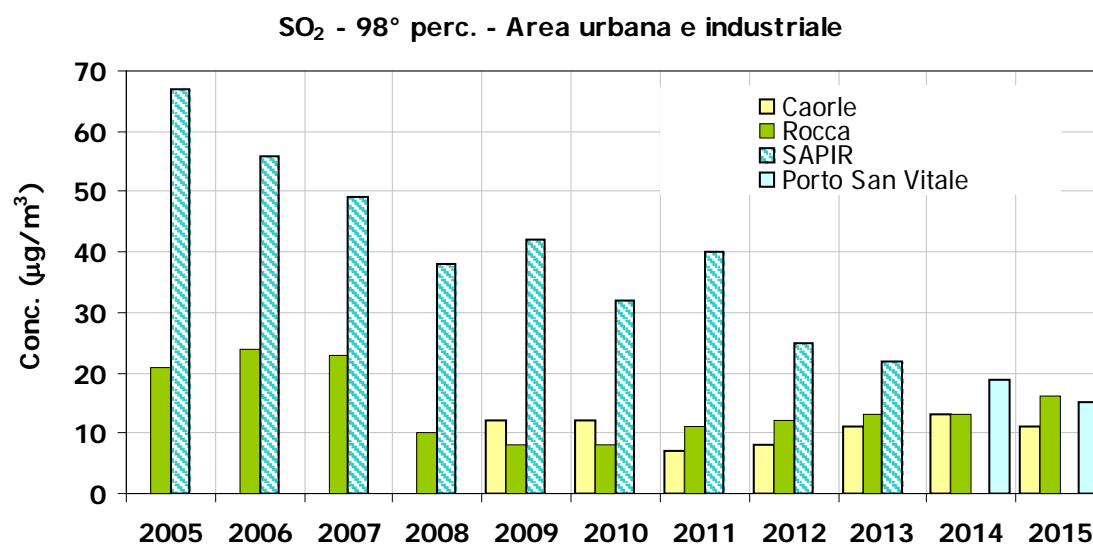






Figura 4.2 - 98° percentile medie orarie - Area urbana e industriale di Ravenna

4.2 Biossido di Azoto NO₂ e Ossidi di Azoto NO_x

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

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di biossido di azoto (NO ₂)	2005 - 2015		
Superamenti dei limiti di legge per il biossido di azoto (NO ₂)	2005 - 2015		

Valutazione in sintesi

Il valore limite della media annuale del biossido di azoto, è rispettato in tutte le stazioni della Provincia dal 2010, con un trend in diminuzione a partire dal 2007, anche se i valori medi annuali del 2015 evidenziano un lieve aumento rispetto al 2014 (che è stato un anno particolare dal punto di vista meteorologico, con frequenti situazioni favorevoli alla diluizione degli inquinanti).

I valori più alti si misurano nella stazione da traffico (Zalamella).

Nonostante nella Provincia di Ravenna i limiti per il biossido di azoto siano rispettati già da qualche anno, è indispensabile mantenere alto il controllo su questo inquinante sia per le interazioni esistenti tra NO_x, Particolato e O₃, sia per le criticità riscontrate a livello regionale, criticità prevalentemente legate alle concentrazioni medie annuali piuttosto che ad episodi acuti (intendendosi con "episodi acuti" eventi intensi ma di breve durata, con medie orarie elevate, maggiori del limite pari a 200 µg/m³).

NO₂ [L.Q. = 12 µg/m ³]				Concentrazioni in µg/m³		Limiti Normativi		Riferimenti OMS
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	40 µg/m ³	Max 18	200 µg/m ³
						<i>Media anno</i>	<i>N° Sup. 200µg/m³ orari</i>	<i>Max orario</i>
Ballirana	Alfonsine	Fondo Rurale	90	< 12	74	17	0	74
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	94	< 12	72	15	0	72
Parco Bucci	Faenza	Fondo Urbano	86	< 12	96	21	0	96
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	94	< 12	99	23	0	99
Zalamella	Ravenna	Traffico	99	< 12	144	37	0	144
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	98	< 12	110	31	0	110
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	96	< 12	106	28	0	106

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

Il rendimento dell'analizzatore della stazione "Parco Bucci" è inferiore al 90% (86%), in quanto l'interferenza di una nuova sorgente inquinante nelle vicinanze della stazione (costruzione della nuova piscina comunale) ha portato all'invalidazione di circa 30 giorni di dati. La stazione Parco Bucci è stata poi rilocata a Parco Bertozzi (il 18 dicembre) per ripristinarne la rappresentatività come Fondo Urbano.

I limiti di lungo e di breve periodo del biossido di azoto nel 2015 sono rispettati in tutte le stazioni. La media annuale più elevata (37 µg/m³) è stata rilevata nella stazione di traffico (Zalamella) dove si è misurato anche il massimo orario più alto (144 µg/m³ il 13 gennaio 2015 alle ore 20).

Nel grafico di Figura 4.3 sono rappresentate le concentrazioni medie annue di NO₂ confrontate con il valore limite (linea rossa): dal 2007 si ha una riduzione della media annuale e negli anni successivi (a partire dal 2010) le concentrazioni tendono a stabilizzarsi su valori sempre inferiori al limite anche nelle stazioni industriali (Sapir / Porto San Vitale).

Il 2015 mostra valori medi superiori, sebbene inferiori ai limiti normativi, rispetto ai tre anni precedenti in quasi tutte le stazioni.

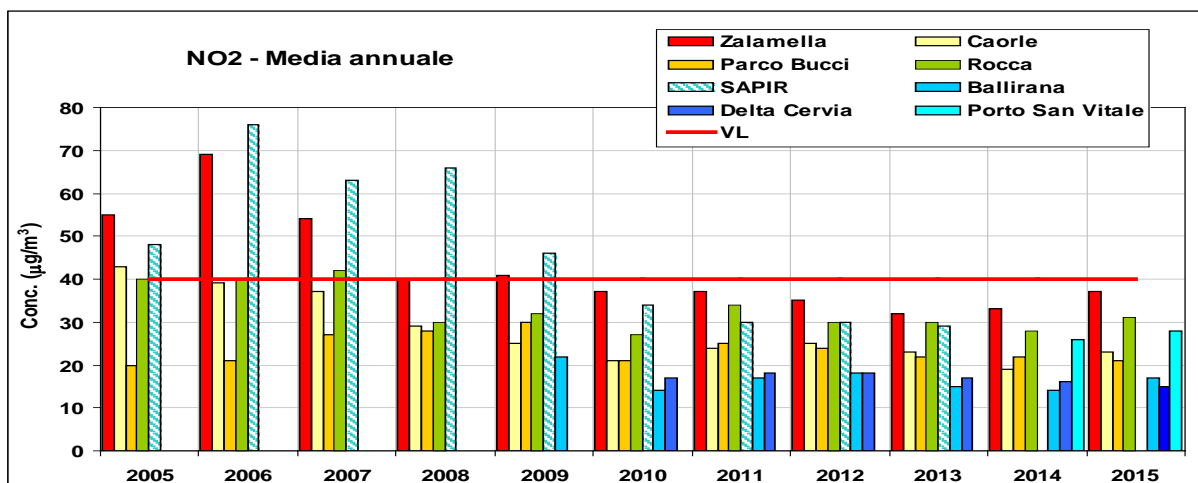


Figura 4.3 – Medie annuali - Area urbana e industriale di Ravenna

Nelle figure 4.4 e 4.5 sono riportate le concentrazioni medie mensili del 2015 per le stazioni in area urbana e industriale (fig.4.4) e per le stazioni di fondo sub urbano e rurale (fig.4.5).

L'andamento è simile: le concentrazioni più alte si registrano nei mesi invernali mentre, in generale, i valori assoluti delle stazioni di fondo sono più contenuti.

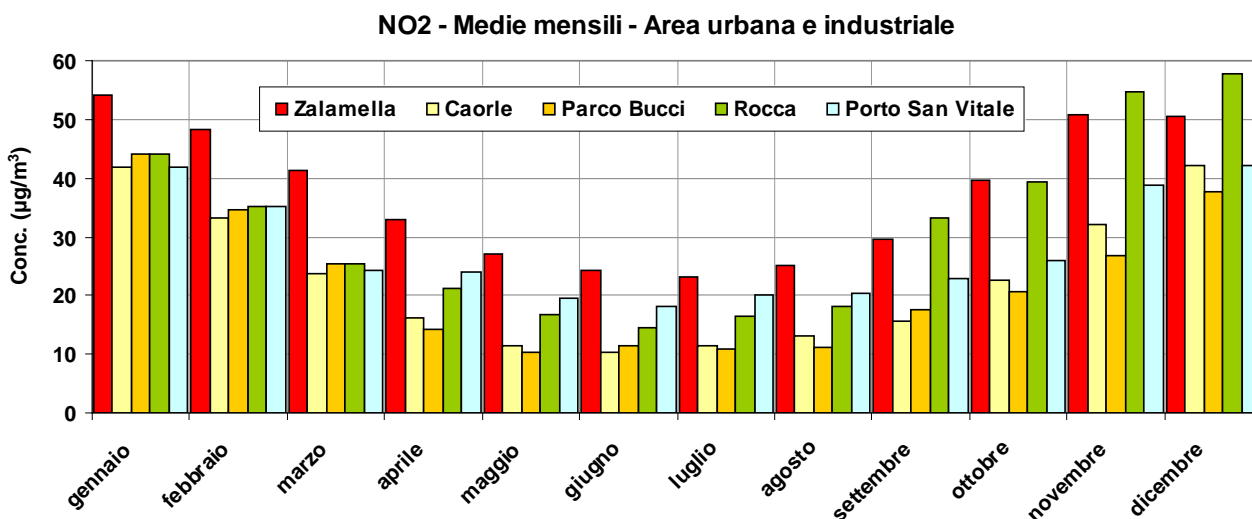


Figura 4.4 Medie Mensili - Area urbana e Industriale

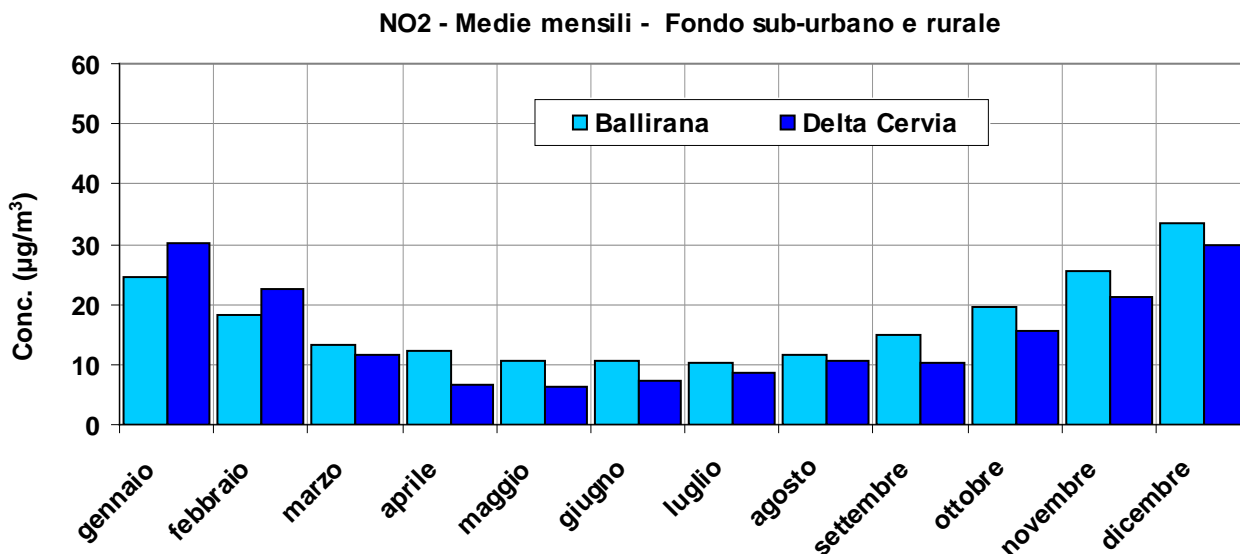
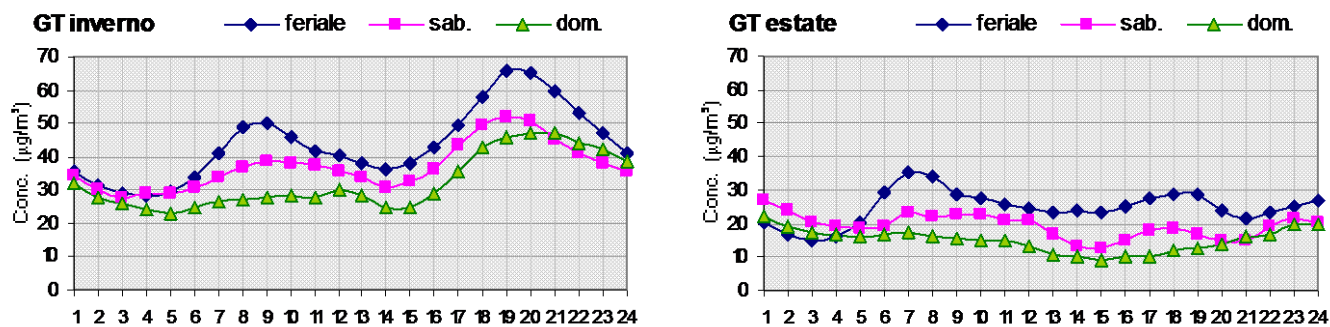


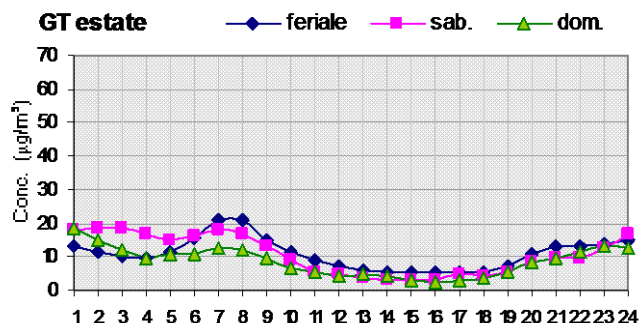
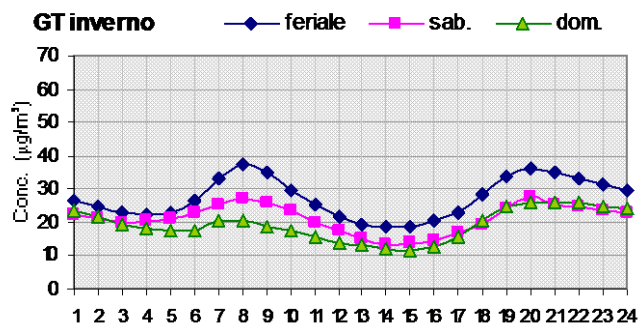
Figura 4.5 Medie Mensili – Fondo Sub-urbano e Rurale

Per visualizzare l'andamento giornaliero di un inquinante si può far ricorso al grafico del «giorno tipico». Il giorno tipico si calcola effettuando la media dei dati rilevati alla stessa ora del giorno in un periodo preso come riferimento, questo per tutte le 24 ore che costituiscono la giornata: rappresenta quindi un ipotetico giorno "medio" che permette di evidenziare situazioni ricorrenti e minimizzare le fluttuazioni casuali.

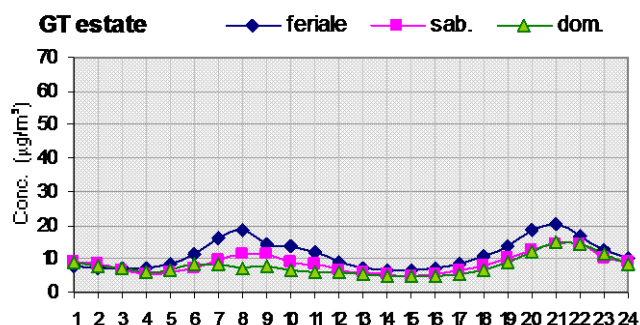
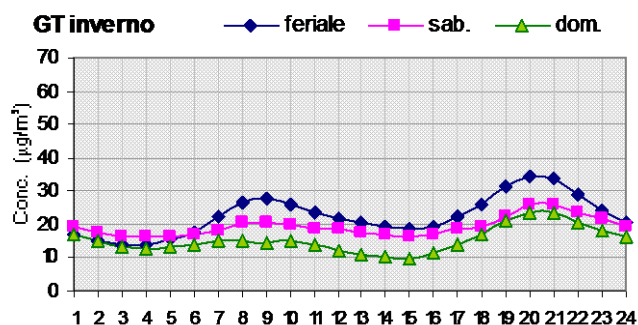
I grafici che seguono (Figura 4.6) sono relativi al giorno tipico (GT) dell' NO₂ del semestre estivo e del semestre invernale. Il GT è stato inoltre calcolato differenziando i giorni feriali, prefestivi e festivi.



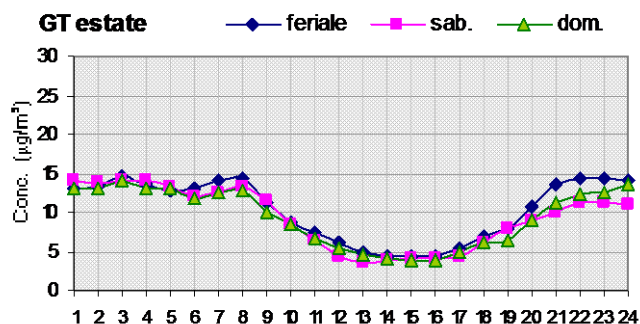
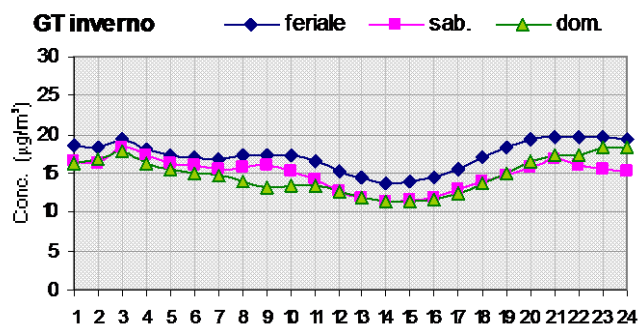
Zalamella – Traffico Urbano(TU) – Area urbana



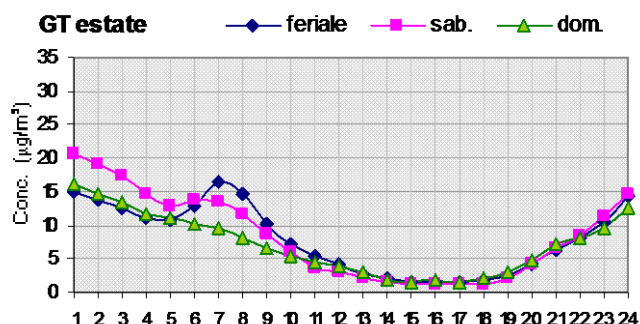
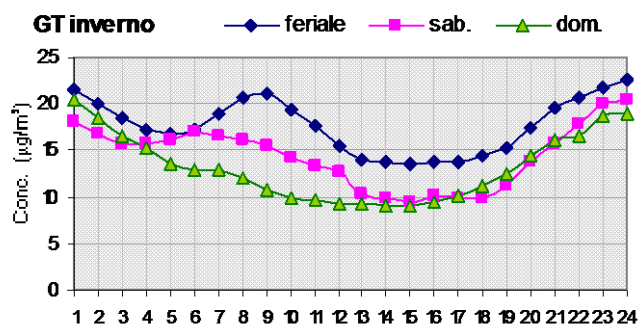
Caorle – Fondo Urbano Residenziale(FU-Res) – Area urbana



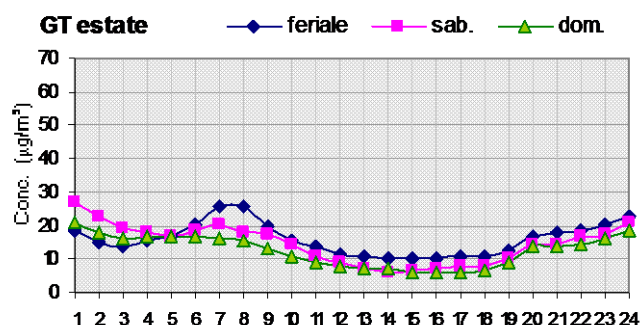
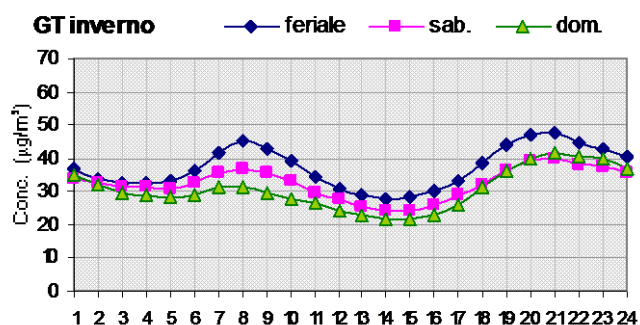
Parco Bucci – Fondo Urbano (FU) – Area urbana



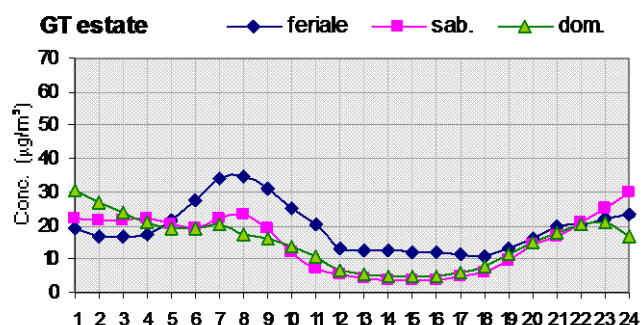
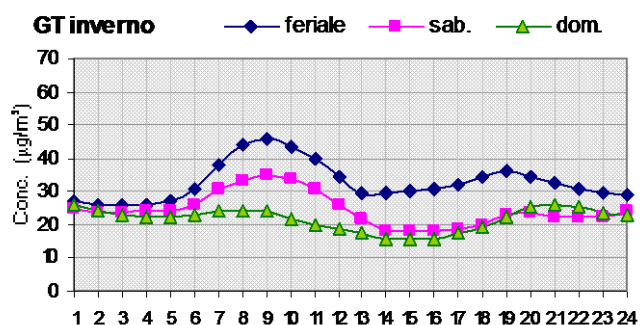
Ballirana – Fondo Rurale(FU-R)



Delta Cervia – Fondo SubUrbano(FSub-U)



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



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

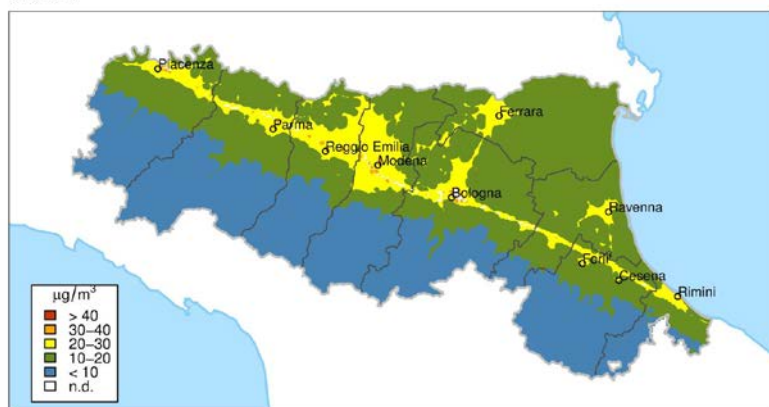
Figura 4.6 – Biossido di azoto - giorni tipici – stazioni della rete di controllo della qualità dell'aria

Per fornire un adeguato livello di informazione circa la qualità dell'aria ambiente, il DLgs 155/2010 indica la possibilità/opportunità di integrare le misurazioni effettuate in siti fissi con tecniche di modellizzazione. A partire dai primi mesi del 2010, ARPA ha implementato un nuovo servizio che – a livello regionale – effettua stime sullo stato della qualità dell'aria sull'intero territorio regionale, anche in quelle zone in cui non sono presenti stazioni fisse di monitoraggio.

A tale scopo i dati delle stazioni di monitoraggio vengono integrati con i modelli della catena NINFA+PESCO. Il risultato porta a mappe (con risoluzione pari ad 1km) che forniscono la stima delle “concentrazioni di fondo” dei principali inquinanti (NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} e O₃), dove con concentrazioni di fondo si intendono quelle misurabili lontano da fonti dirette di emissione.

Di seguito, nella Mappa 4.1, viene riportata la mappa regionale della concentrazione di fondo di NO₂ stimata per l'anno 2015.

NO₂ di fondo
media annua (µg/m³)
anno: 2015



Mapa 4.1 – Concentrazione di fondo - media annuale (espressa in µg/m³) di NO₂ – 2015

Infine, in Tabella 4.4, sono riportati alcuni parametri statistici (espressi in µg/m³) relativi alle concentrazioni orarie rilevate dal 2005 al 2015:

Tabella 4.4 - Andamento temporale di NO₂ dal 2005 al 2015 (concentrazioni espresse in µg/m³)

Stazione: Zalamella

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	55	69	54	40	41	37	37	35	32	33	37
50°Percentile	50	64	49	37	38	33	35	31	29	31	33
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	65
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66	78
98°Percentile	127	163	132	95	96	88	94	94	84	79	96
Max	199	281	255	158	182	151	166	182	161	171	144
> 200 µg/m³	0	54	16	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	92	100	96	99	100	99	99	98	97	100	99

Stazione: Caorle

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	43	39	37	29	25	21	24	25	23	19	23
50°Percentile	38	35	34	24	22	17	20	19	17	15	17
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	49
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	58
98°Percentile	111	98	87	81	67	63	64	76	65	55	68
Max	193	161	170	156	96	99	104	166	136	120	99
> 200 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	93	99	95	96	92	96	98	98	99	95	94

Stazione: Parco Bucci

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	20	21	27	28	29	21	25	24	22	22	21
50°Percentile	17	16	22	23	22	15	20	19	17	19	16
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	44
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	52
98°Percentile	59	65	72	77	82	68	66	75	63	54	62
Max	104	113	108	143	132	127	111	157	98	100	96
> 200 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	84	96	98	100	99	100	98	99	88	86

Stazione: Ballirana

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	-	-	-	-	22	14	17	18	15	14	17
50°Percentile	-	-	-	-	19	10	12	13	11	12	15
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	34
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	39
98°Percentile	-	-	-	-	62	51	54	65	50	37	45
Max	-	-	-	-	139	96	85	117	92	58	74
> 200 µg/m ³	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	-	-	-	-	92	95	99	98	96	95	90

Stazione: Delta Cervia

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	-	-	-	-	-	17	18	18	17	16	15
50°Percentile	-	-	-	-	-	14	15	15	13	13	12
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	36
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	42
98°Percentile	-	-	-	-	-	54	50	59	52	48	48
Max	-	-	-	-	-	102	73	109	92	73	72
> 200 µg/m ³	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
% dati validi	-	-	-	-	-	94	97	99	93	92	94

Stazione: Rocca Brancaleone

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	40	40	42	30	32	27	34	30	30	28	31
50°Percentile	36	36	38	27	29	24	30	25	27	25	27
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49	59
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	66
98°Percentile	91	93	105	76	78	76	86	83	71	71	74
Max	156	172	190	146	118	129	194	153	130	149	110
> 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	95	100	95	96	97	94	98	98	99	93	98

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

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	48	76	63	66	46	34	30	30	29	26	28
50°Percentile	40	66	59	64	43	33	28	27	26	25	26
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	51
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	58
98°Percentile	143	209	155	158	117	79	72	80	70	57	67
Max	326	403	265	255	188	143	151	137	130	98	106
> 200 µg/m ³	25	220	26	24	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	93	98	99	99	91	96	97	95	93	94	96

Per gli ossidi di azoto (NO_x) la normativa fornisce un valore limite annuale per la protezione della vegetazione pari a 30 µg/m³ (somma di monossido e biossido di azoto calcolata in ppm ed espressa come biossido di azoto) e dà indicazioni circa il posizionamento delle stazioni in cui verificare il rispetto del limite. In particolare i punti di campionamento destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione 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 Ballirana, in cui la concentrazione media annuale misurata per il 2015 risulta inferiore al limite per la protezione della vegetazione (Tabella 4.5).



<i>NO_x</i>	<i>Riferimenti normativi</i>		<i>Ballirana</i>
D. Lgs 155/2010	Protezione della vegetazione Media annuale	30 µg/m ³	28 µg/m ³

Tabella 4.5 - NO_x: media annuale 2015

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.

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di monossido di carbonio (CO)	2005 - 2015		

Valutazione in sintesi

I valori di monossido di carbonio mostrano una continua diminuzione, in particolare a partire dal 2007, e il valore limite per la protezione della salute umana è ampiamente rispettato in tutte le stazioni della Provincia di Ravenna già da molti anni. In considerazione di questa situazione, l'attuale configurazione della Rete Regionale prevede la misura del monossido di carbonio nella sola postazione di traffico urbano (dove potenzialmente tale inquinante è più elevato): nel caso della rete regionale di Ravenna a Zalamella.

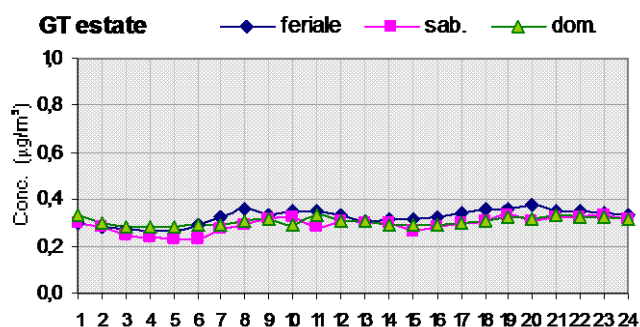
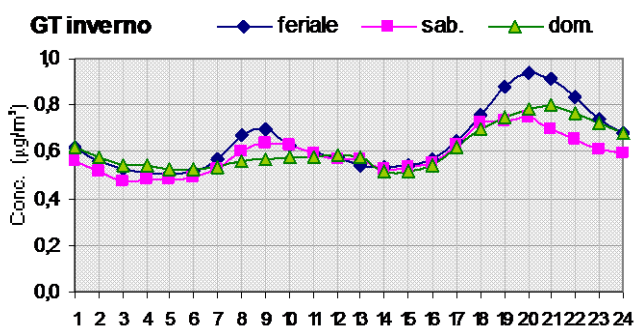
A Ravenna viene misurato anche nella stazione locale di Rocca Brancaleone (industriale/urbana) e, dal 2014, anche in quella Locale Industriale di Porto San Vitale.

CO [L.Q. = 0,6 mg/m ³]				Concentrazioni in mg/m³			Limiti Normativi	Riferimenti OMS	
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<i>Media</i>	<i>Media Max 8 ore</i>	<i>Media Max 1 ora</i>	<i>Media Max 8 ore</i>
							10 mg/m ³	30 mg/m ³	10 mg/m ³
Zalamella	Ravenna	Traffico	99	< 0,6	3,2	0,6	0,8	3,2	0,8
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urban	99	< 0,6	2,6	0,5	0,5	2,6	0,5
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	96	< 0,6	1,8	0,4	0,5	1,8	0,5

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.Lvo 155/2010 - media massima giornaliera su otto ore pari a 10 mg/m³ - non è mai stato superato ed il parametro, in tutte le postazioni, è sempre stato inferiore a 1 mg/m³ (1/10 del limite), inoltre mediamente più dell'80% dei dati, non ha superato il limite di quantificazione strumentale (pari a 0,6 mg/m³). Analizzando il trend degli ultimi anni (Tabella. 4.7) i valori risultano molto bassi e decisamente inferiori al limite di legge. Tale andamento, ormai consolidato, fa dedurre che anche nei prossimi anni per questo inquinante non ci siano problemi per il rispetto del limite previsto dalla normativa.

In figura 4.7 si riportano i giorni tipici feriali, prefestivi e festivi, suddivisi in due periodi: invernale (gennaio-marzo e ottobre-dicembre) ed estivo (aprile - settembre). Le concentrazioni sono sempre molto contenute, spesso inferiori al limite di quantificazione strumentale, leggermente superiori durante il periodo invernale. Nella stazione di Zalamella nel periodo invernale, si intravedono due "picchi", uno intorno alle 8 e l'altro alle 20, in corrispondenza degli orari di punta del traffico cittadino. Meno evidenti a Rocca Brancaleone (la stazione è più distante dalla strada).



Zalamella – Traffico Urbano – Area urbana

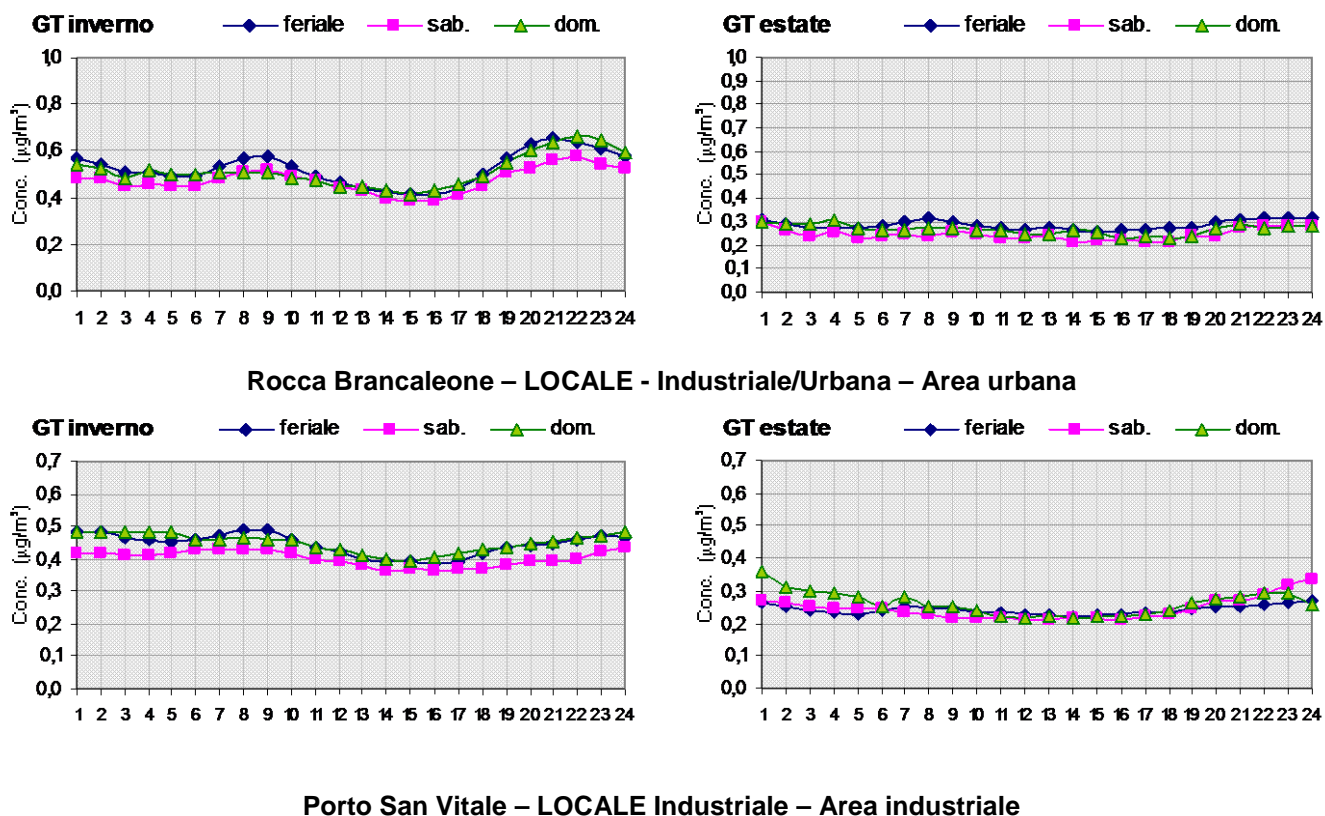


Figura 4.7 – Monossido di carbonio - Giorni tipici – anno 2015

La tabella successiva riporta l'andamento delle concentrazioni di CO negli anni 2005 ÷ 2015.

Tabella 4.7 - Andamento temporale di CO dal 2005 al 2015 (concentrazioni espresse in mg/m³)

Stazione: Zalamella

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	0.8	0.7	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
50°Percentile	0.7	0.5	0.4	0.6	0.5	0.3	0.4	0.3	0.6	0.5	0.5
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	1.0
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1	1.2
98°Percentile	2.3	1.9	1.5	1.5	1.6	1.6	1.4	1.4	1.5	1.3	1.6
Max	8.1	9.4	5.1	4.7	3.3	3.7	3.7	3.8	4.4	2.9	3.2
Max media 8 h	4.1	3.1	3.2	2.5	2.2	2.5	2.9	2.4	3.3	0.6	0.8
% dati validi	92	98	100	97	99	98	99	98	98	100	99
% dati < LQ											

Stazione: Rocca Brancaleone

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5
50°Percentile	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.8
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.9
98°Percentile	1.8	1.6	1.1	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	0.8	1.1
Max	5.5	4.6	4.5	3.1	2.5	2.6	2.7	2.7	2.4	2.2	2.6
Max media 8 h	2.5	2.4	2.7	2.0	1.7	1.9	1.8	1.5	1.9	0.3	0.5
% dati validi	95	99	95	98	98	98	98	98	100	98	99





Stazione: Porto San Vitale

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.4
50°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.4
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.7
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	0.8
98°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	1.0
Max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	1.8
Max media 8 h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.5
% dati validi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	96

4.4 Ozono O₃

L'Ozono O₃ è un gas molto reattivo presente in atmosfera. Negli strati alti (stratosfera) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla terra formando un strato protettivo che filtra i raggi ultravioletti del sole, mentre nei 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.

Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione in aria a livello del suolo di Ozono	2005 - 2015		
Superamento dei valori obiettivo previsti dalla normativa per l'Ozono	2005 - 2015		

Valutazione in sintesi

I valori di Ozono rilevati nel 2015 confermano il perdurare di una situazione critica per questo inquinante, con superamenti dei valori obiettivo e/o del valore della soglia di informazione in tutte le 6 stazioni, ad eccezione di Ballirana. Gli indicatori considerati non evidenziano una chiara tendenza e confermano lo stretto legame fra concentrazioni di ozono e meteorologia della stagione, così l'estate calda del 2015 ha portato ad avere un peggioramento rispetto a quella del 2014, piovosa in modo anomalo.

Il trend storico registra una certa stabilità delle concentrazioni di O₃ in per tutta la nostra Regione. La situazione di criticità diffusa è riconducibile anche all'origine fotochimica e alla natura esclusivamente secondaria di questo inquinante, che rende la riduzione più complicata rispetto agli inquinanti esclusivamente primari: spesso, infatti, i precursori dell'ozono sono prodotti anche a distanze notevoli rispetto al punto in cui vengono misurate le concentrazioni più alte di ozono e questo rende decisamente più difficile pianificare azioni di risanamento/mitigazione.

O_3 [L.Q. = $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$]				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	90	<10	171	0	0	0	160			
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	94	<10	196	5	1	0	179			
Parco Bucci	Faenza	Fondo Urbano	95	<10	187	2	1	0	157			
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	96	<10	198	4	1	0	177			
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	99	<10	187	2	1	0	165			
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	96	<10	211	8	2	0	193			
O_3	obiettivi a lungo termine											
	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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$) 18000 media 5 anni	
Stazione	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	Anno	Media 3 anni	Anno	Media 5 anni
Ballirana	0	0	2	3	19	10	0	0	34	29	22111	23172
Delta Cervia	0	0	5	11	14	10	0	0	40	38	28715	29872
Parco Bucci	0	0	0	7	18	13	0	0	38	17	24445	13879
Caorle	0	0	1	3	9	7	0	0	20	-	21323	-
Rocca Brancaleone	0	0	0	0	9	3	0	0	12	24	17302	23771
Porto San Vitale	0	0	0	10	16	13	0	0	39	25	24241	19346

Tabella 4.8 – O3: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

Il D. Lvo 155/2010, oltre agli obiettivi a lungo termine (sintetizzati in tabella 4.8), riporta:

- la soglia di informazione: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive;
- la soglia di allarme: 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 di adottare provvedimenti immediati.

In particolare si raggiunge la soglia di informazione quando la media oraria è maggiore di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre la soglia di allarme si raggiunge se la media oraria è superiore a di $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per tre ore consecutive.

Come si diceva l'ozono è un inquinante “secondario” che si forma a seguito di complesse reazioni fotochimiche, favorite dalla radiazione solare, che coinvolgono inquinanti primari (o precursori) immessi direttamente in atmosfera, quali gli ossidi di azoto e i composti organici volatili. Pertanto, le stazioni di elezione in cui misurare questo inquinante sono le stazioni di fondo:

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

A Ravenna l'ozono si misura anche in entrambe le stazioni della rete locale, in quanto tali postazioni sono vicine a fonti significative di inquinanti precursori (zona industriale).

Dipendendo dall'intensità della radiazione solare, l'ozono ha una spiccata stagionalità e le concentrazioni più significative si rilevano nel periodo primavera-estate (figure 4.8 e 4.9 – media mensile anno 2015), oltre ad avere un caratteristico andamento giornaliero, con il massimo di concentrazione in corrispondenza delle ore di maggiore insolazione (ore 13 ÷ 14 - figura 4.10 – giorno tipico per il semestre estivo).

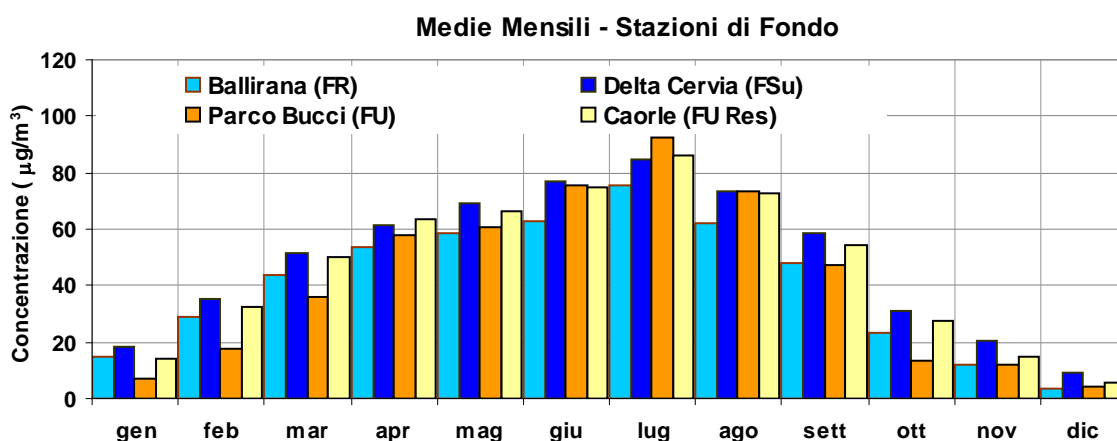


Figura 4.8 Concentrazioni medie mensili Stazioni di Fondo – anno 2015

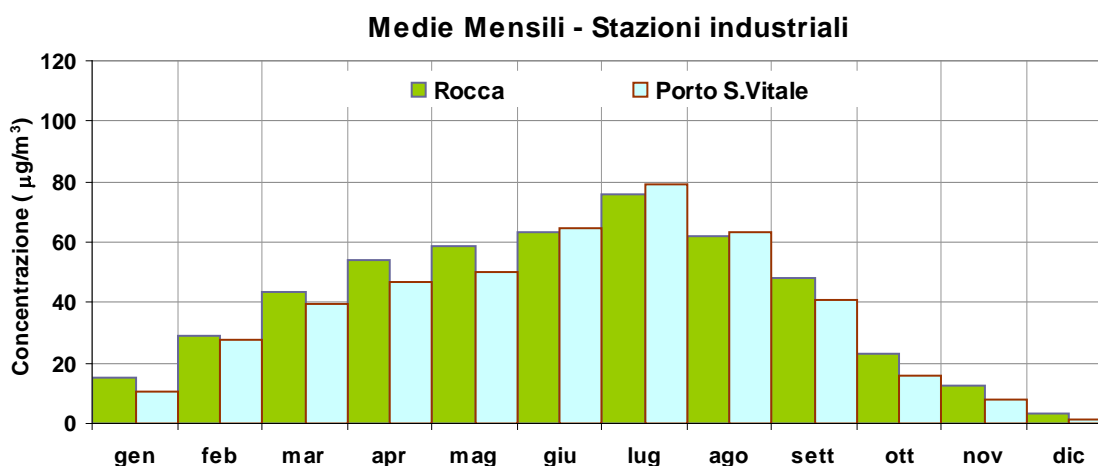
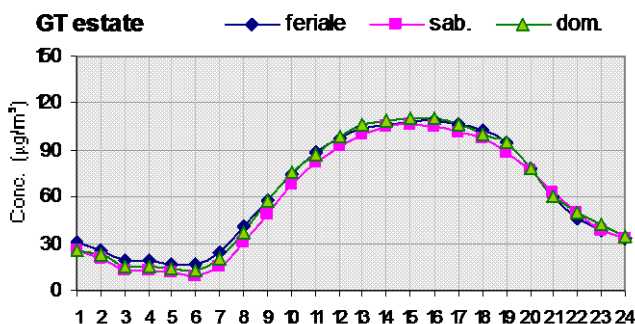


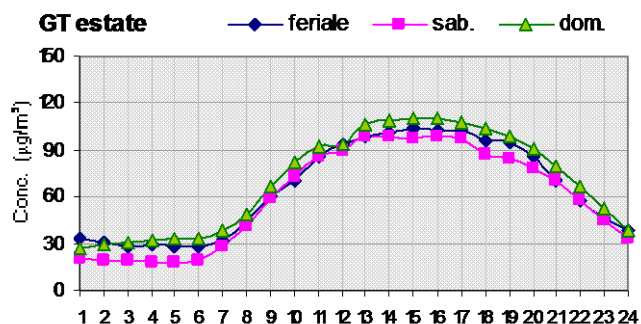
Figura 4.9 Concentrazioni medie mensili Stazioni LOCALI Industriali – anno 2015

Gli andamenti giornalieri delle concentrazioni di ozono nelle stazioni sono molto simili: il minimo in corrispondenza delle 7 del mattino (quando si raggiunge il massimo di diffusione dell'ozono prodotto il giorno precedente) ed il massimo nelle ore centrali del pomeriggio, quando maggiore è l'insolazione e quindi più intensa la formazione dell'inquinante.

Stazioni di Fondo

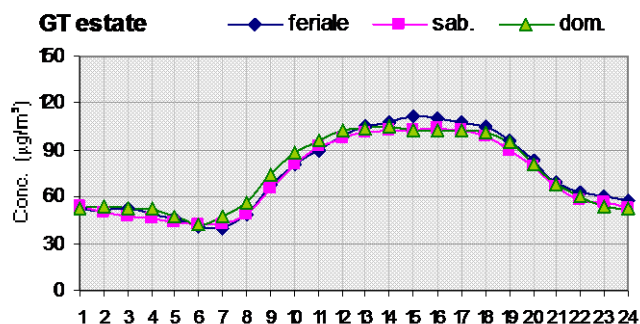


Ballirana (FR)

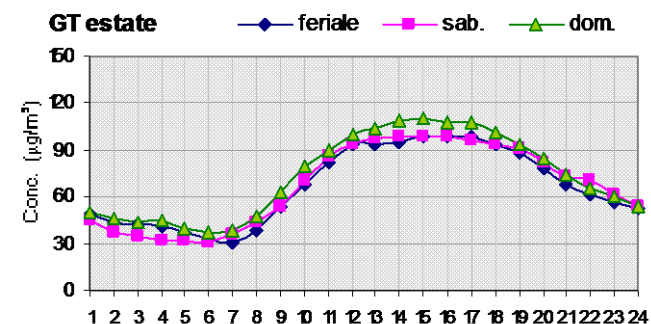


Delta Cervia (FSubU)

Stazione di Fondo Urbano

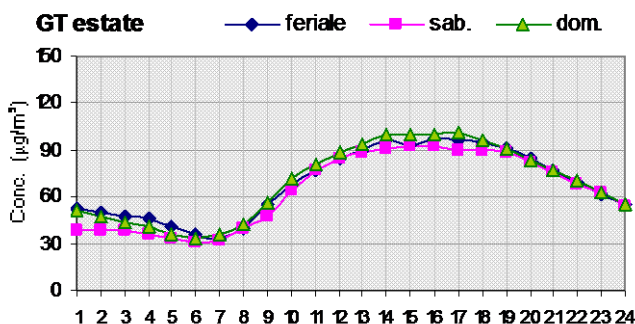


Parco Bucci (FU)

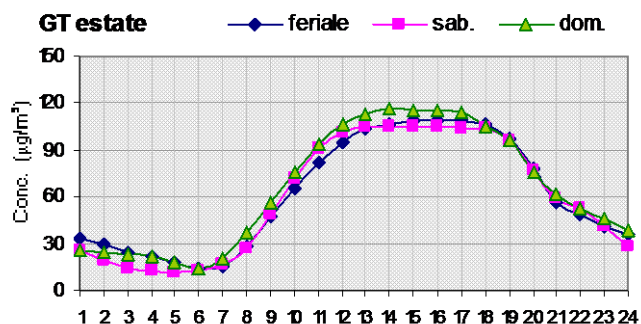


Caorle (FU Res)

Stazioni LOCALI Industriali



Rocca Brancaleone (Ind./Urbana)



Porto San Vitale (Ind)

Figura 4.10 - Ozono: giorni tipici estivi – anno 2015

Nel 2015 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) è stato superato nelle stazioni di Fondo rurale (Ballirana, 29 giorni di superamento) e sub-urbano (Delta Cervia, 38 giorni). Se si considera il solo anno solare 2015, i giorni di superamento dei $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono riportati in figura 4.11: le stazioni che hanno avuto il maggior numero di superamenti sono quelle di fondo (Ballirana: 34 giorni; Delta Cervia: 40 giorni; Parco Bucci: 38 giorni) e quella industriale (Porto San Vitale: 39 giorni di superamento).

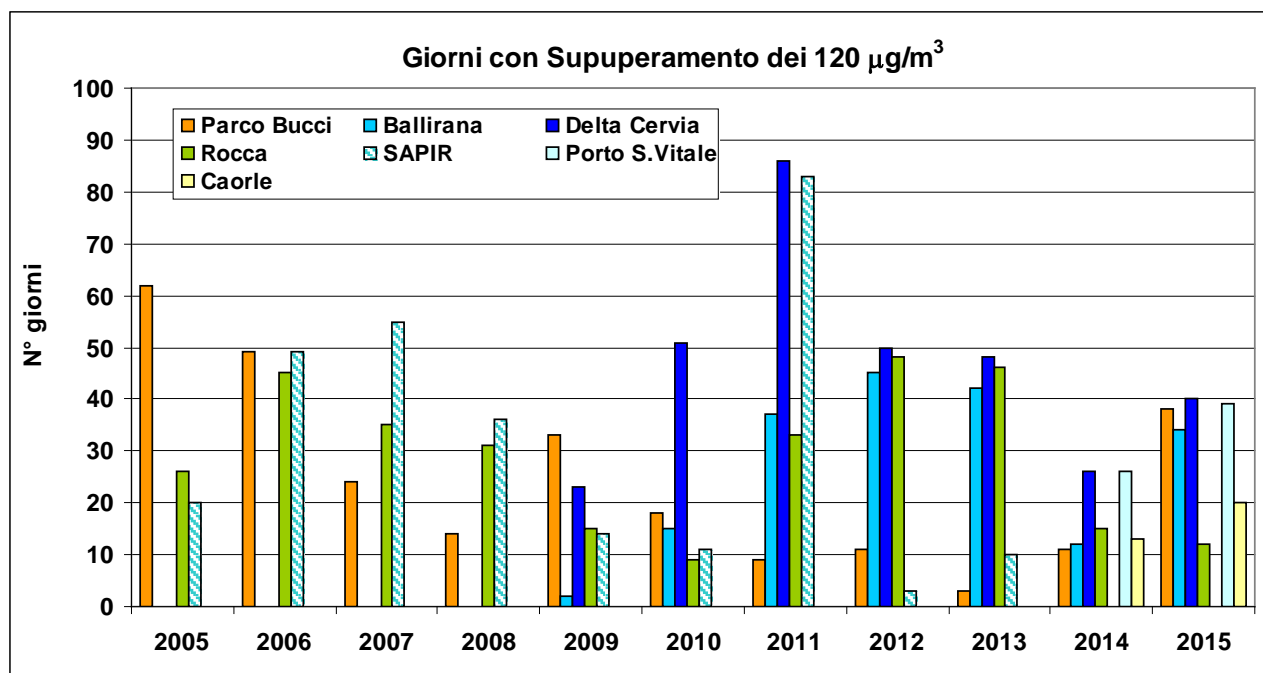


Figura 4.11 Giorni con superamento dei 120 - anno 2015

Per quanto riguarda gli episodi acuti, la soglia di informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stata superata in 2 giornate (giorni 19 e 23 luglio) e in 5 postazioni, mentre non è mai stata raggiunta la soglia di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (tabella 4.9).

giorno di sup.	Delta Cervia	Parco Bucci	Caorle	Rocca Brancaleone	Porto San Vitale
19 luglio 2015					
23 luglio 2015					

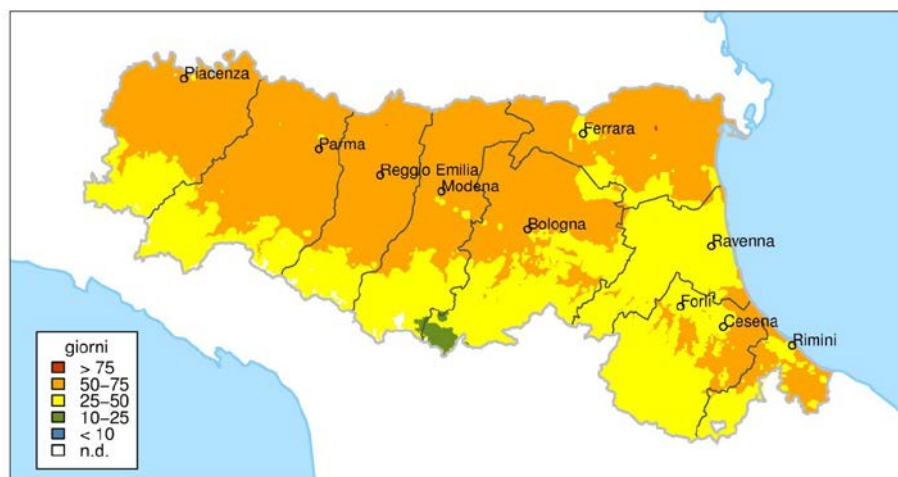
Tabella 4.9 – O3: giorni di superamento della soglia di informazione $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Anche per l'ozono si riportano le mappe regionali relative alla stima delle concentrazioni di ozono elaborate dal SIMC per il 2015 (Mappa 4.2).

Il parametro riportato – che deriva dall'integrazione di dati simulati e dati misurati - è relativo al numero di giorni in cui si valuta il superamento della concentrazione di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, calcolata come concentrazione massima giornaliera di 8 h.

ozono di fondo

numero di giorni in cui il massimo giornaliero della media mobile su 8 ore supera i $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
anno: 2015



Mappa 4.2 – Stima regionale del numero di giorni di superamento della concentrazione max di 8 h

Anno 2015

Infine si riportano in Tabella 4.10 alcuni parametri relativi all'ozono, calcolati a partire dal 2005.

Tabella 4.10 - Andamento temporale dell'ozono dal 2005 al 2015 (dati orari in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stazione: Parco Bucci

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	43
50°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	34
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86	99
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	115
98°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	114	133
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	208	191	198	170	180	156	158	154	140	164	187
N° giorni sup $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	62	49	24	14	33	18	9	11	3	11	38
N° giorni sup $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$	2	7	1	0	0	0	0	0	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	85	94	97	99	99	96	100	99	98	97	95

Stazione: Ballirana

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	41
50°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	31
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	99
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103	114
98°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	114	128
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--	--	--	144	168	168	204	190	180	171
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--	--	--	2	15	37	45	42	12	34
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--	--	--	0	0	0	3	2	0	0
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--	--	--	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	--	--	--	--	--	88	99	99	98	94	90

Stazione: Delta Cervia

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	49
50°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	43
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102	105
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	113	119
98°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125	133
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--	--	--	186	191	184	186	214	190	196
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--	--	--	23	51	86	50	48	26	40
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--	--	--	1	2	1	3	6	1	1
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--	--	--	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	--	--	--	--	81	97	99	99	96	96	94

Stazione: Caorle

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46	47
50°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	44
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	96
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	109
98°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	118	123
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	177	198
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	20
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
% dati validi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98	96

Stazione: Rocca Brancaleone

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	42
50°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	37
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97	91
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	107	103
98°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	119	115
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	186	210	235	199	154	170	175	197	205	181	187
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	26	45	35	31	15	9	33	48	46	15	12
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3	6	4	2	0	0	0	2	6	1	1
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	89	99	88	98	99	96	99	98	98	98	99



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

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	37
50°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	21
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	93	97
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110	116
98°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	127	134
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	222	230	245	195	157	180	195	144	170	203	211
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20	49	55	36	14	11	83	3	10	26	39
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2	6	7	2	0	0	6	0	0	3	2
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	89	97	98	97	99	97	99	95	94	90	96

4.5 Benzene C₆H₆

Il benzene è una sostanza chimica liquida e incolore dal caratteristico odore aromatico pungente. È il più comune e largamente utilizzato degli idrocarburi aromatici, 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, in quanto è stato classificato dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) come cancerogeno di classe I per l'uomo.

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di Benzene (C ₆ H ₆)	2005 – 2015		

Valutazione in sintesi

Nel 2015 le concentrazioni medie annue del benzene risultano inferiori ai limiti normativi, con valori simili a quelli rilevati negli ultimi 7 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.

Per i motivi richiamati, e a scopo cautelativo, questo inquinante continua ad essere rilevato in tutte le stazioni dell'area urbana di Ravenna; in particolare nelle stazioni di Traffico urbano di Zalamella e in quella Locale Industriale di Porto San Vitale, viene eseguito un monitoraggio in continuo con dati orari. I valori più elevati vengono registrati nella stazione di Traffico.

Benzene C₆H₆ [L.Q. = 0,5 µg/m ³]				Concentrazioni in µg/m ³				Limite Normativo
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo orario</i>	<i>Massimo orario</i>	<i>Media Max giornaliera</i>	<i>Media Max settimanale</i>	5 µg/m ³
								<i>Media annuale</i>
Zalamella	Ravenna	Traffico	95	< 0,5	48,7	5,4	3,6	1,4
Carole (*)	Ravenna	Fondo Urb. Res	100	-	-	-	3,0	1,0
Rocca Brancaleone(*)	Ravenna	Locale Ind/Urbano	100	-	-	-	3,0	0,9
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	96	< 0,5	39,2	3,8	2,3	0,7

Tabella 4.11 – C₆H₆ : parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme – strumentazione in continuo e campionatori passivi (Caorle, Rocca)

Per il benzene il limite per la protezione della salute umana, entrato in vigore il 1° gennaio 2010, è 5 µg/m³ 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 in continuo ma con dati settimanali nelle altre due postazioni di Ravenna (segnalate in tabella con (*): fondo urbano residenziale (Caorle), Industriale/Urbano (Rocca Brancaleone, rete locale).

Il campionario 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 di COV in atmosfera espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 2015 le stazioni Zalamella (traffico) e industriale (Porto San Vitale) hanno rilevato un evento anomalo della durata di tre ore (dalle 21 alle 24) verificatosi il 16 febbraio durante il quale le concentrazioni orarie hanno raggiunto valori decisamente elevati (massimi rilevati rispettivamente di $48,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $39,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Alcune indagini effettuate nei giorni successivi all'evento non hanno consentito di individuarne la causa che non si è comunque più ripetuta come si evince anche dai 98° percentili delle due stazioni ($5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - tab 4.12).

La media annuale più elevata di benzene anche nel 2015 è stata misurata nella stazione di traffico di Zalamella ($1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre a Porto San Vitale la media annuale è pari a $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi in entrambi i casi inferiore al limite e, nel caso di Zalamella, in linea con le medie rilevate negli ultimi anni.

Nelle postazioni in cui la misura è integrata sulla settimana, le concentrazioni medie annuali non superano $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In figura 4.12 sono rappresentate le concentrazioni medie annuali a partire dal 2005: il valore limite, entrato in vigore nel 2010, è sempre stato rispettato e, a partire dal 2008, la concentrazione annuale è stabilmente inferiore a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

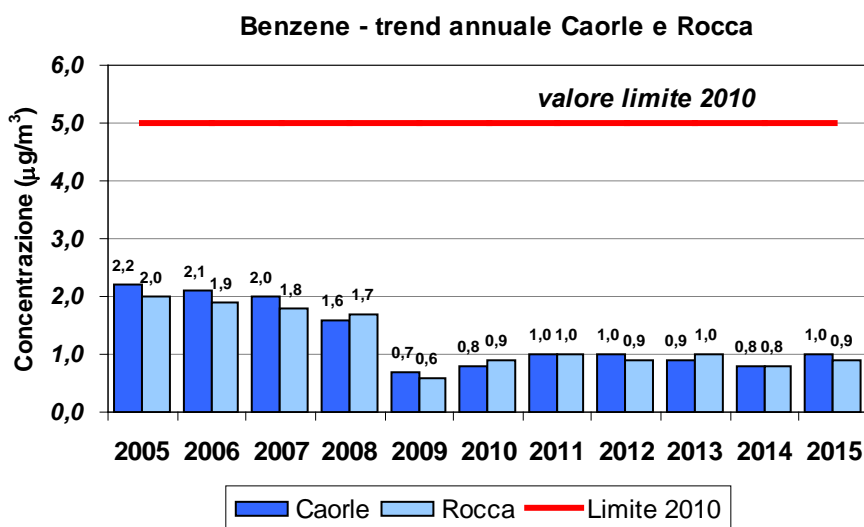
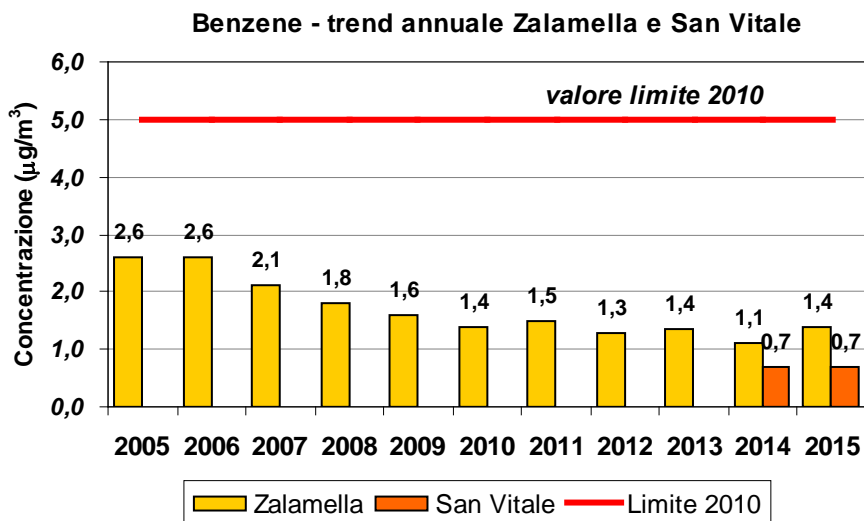


Figura 4.12 - Confronto con i valori limite – Dlgs. 155/10

I grafici successivi (Figure 4.13 e 4.14) riportano le concentrazioni medie mensili. Valori superiori a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono stati rilevati a Zalamella nei mesi di gennaio, febbraio e dicembre, periodo in cui anche gli altri inquinanti (ad esclusione dell'ozono) manifestano le concentrazioni più elevate. L'andamento è simile anche nelle postazioni in cui sono utilizzati i campionatori passivi.

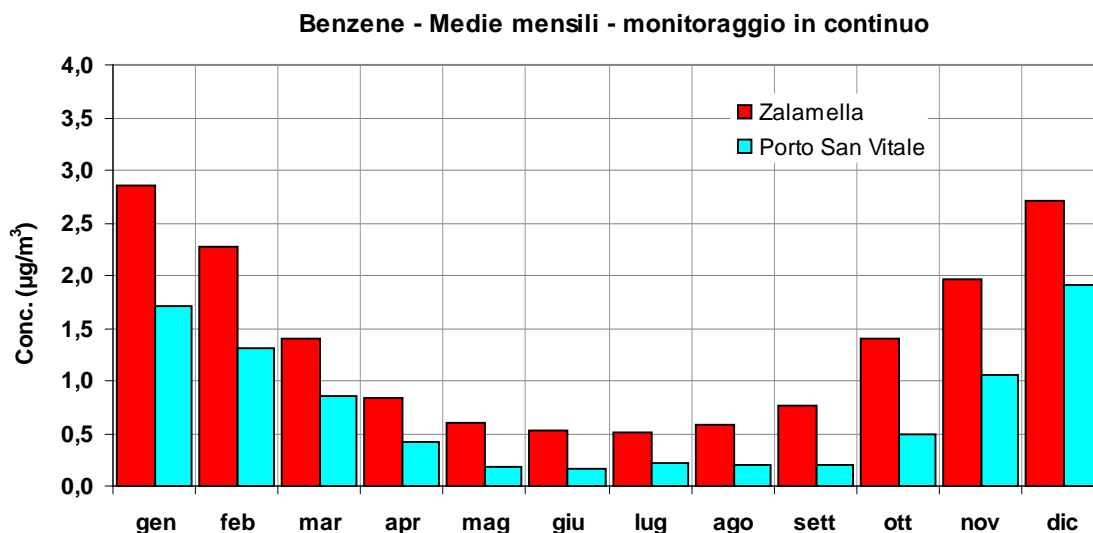


Figura 4.13 - Concentrazioni medie mensili: Zalamella e Porto San Vitale – monitoraggio continuo – Anno 2015

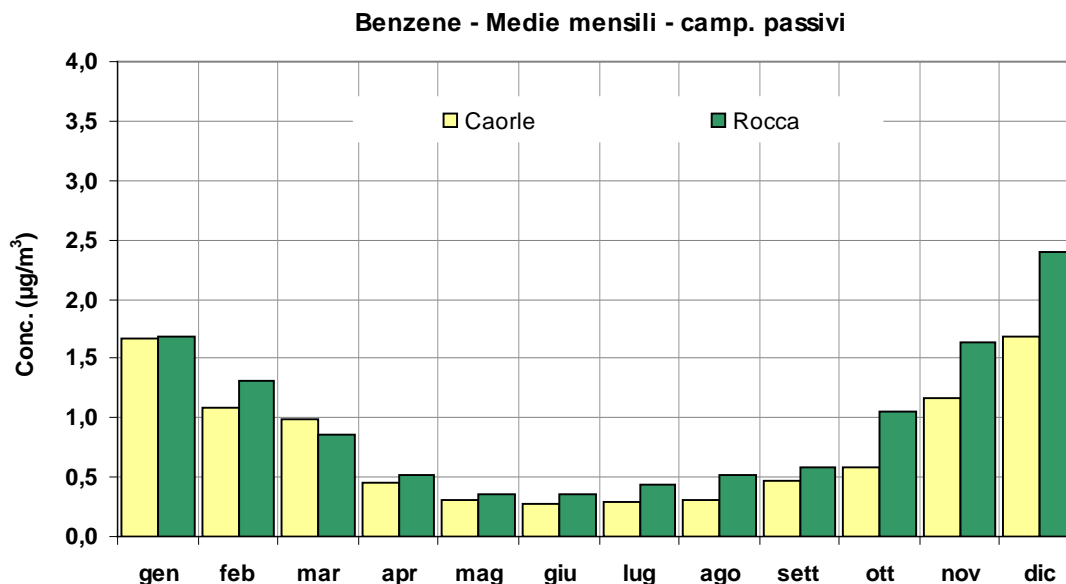


Figura 4.14 - Concentrazioni medie mensili: Caorle, Rocca - campionatori passivi – Anno 2015

In Tabella 4.12 sono riportati alcuni parametri statistici relativi al benzene, calcolati a partire dal 2005. Rispetto a questo inquinante si è avuta, negli anni, una progressiva diminuzione e il dato risulta stabilizzato su valori contenuti. Tale riduzione è essenzialmente riconducibile alla limitazione del contenuto massimo di benzene e degli idrocarburi aromatici nelle benzine commercializzate.

Infatti 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 della 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 DLvo 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 2005 al 2015

Stazione: Zalamella

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	2.6	2.0	2.1	1.8	1.6	1.4	1.5	1.3	1.3	1.1	1.4
50°Percentile	2.3	1.6	1.7	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.9
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3	2.9
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.9	3.9
98°Percentile	6.8	7.1	7.0	8.0	5.4	4.7	5.5	5.5	5.1	3.9	5.3
Max	10.2	14.7	19.6	16.0	12.8	11.6	12.4	16.0	16.8	12.3	48.7
> 5 µg/m ³	24	14	2	12	0	0	0	0	0	0	1
> 10 µg/m ³	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	95	88	96	86	91	98	94	94	91	95	95

Stazione: Carole (campionatori passivi)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
% dati validi	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media annua	2.2	2.1	2.0	1.6	0.7	0.8	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0
Max settimana	5.1	5.4	5.4	5.8	1.4	2.3	3.1	2.6	2.9	1.9	3.0

Stazione: Rocca (campionatori passivi)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
% dati validi	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media annua	2.0	1.9	1.8	1.7	0.6	0.9	1.0	0.9	1.0	0.8	0.9
Max settimana	6.1	4.5	4.6	6.1	1.2	2.4	2.9	2.3	3.1	1.9	3.0

Stazione: Porto San Vitale

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	0.7
50°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.4
90°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	1.8
95°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.9	2.4
98°Percentile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	3.0
Max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0	39.2
> 5 µg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
> 10 µg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
% dati validi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98	96



Nota: i parametri statistici sono calcolati a partire dalle concentrazioni orarie espresse in µg/m³, mentre > 5 µg/m³ e > 10 µg/m³ si riferisce al numero di giorni in cui la media giornaliera è stata superiore alla concentrazione riportata (rispettivamente 5 e 10 µg/m³).

4.6 Toluene C₇H₈ e Xileni C₈H₁₀

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

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

Lo xilene è un liquido incolore avente un odore lievemente dolce; è anch'esso un idrocarburo aromatico infiammabile e nocivo. È un prodotto che si trova naturalmente nel petrolio e nel catrame: le industrie chimiche producono lo xilene a partire dal petrolio, ed è utilizzato come solvente nella stampa, per la lavorazione delle gomme e del cuoio, come agente pulente per acciai, e come diluente per vernici. Il p-xilene viene usato anche nel confezionamento di alimenti. Si può formare anche negli incendi boschivi.

Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione media annuale di Toluene (C ₇ H ₈) e Xileni (C ₈ H ₁₀)	2005 – 2015		

Valutazione in sintesi

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.

Le concentrazioni massime rilevate in tutte le postazioni sono comunque ben al di sotto di tali valori.

A partire dal 2009-2010 le concentrazioni di entrambi gli inquinanti sono progressivamente diminuite in tutte le stazioni, con una diminuzione più evidente nella stazione di traffico urbano (Zalamella).

Toluene C₇H₈				Concentrazioni in µg/m³					OMS
<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>	260 µg/m ³
									<i>Media settimanale</i>
Zalamella	Ravenna	Traffico	95	< 0,5	51,9	16,0	8,9	3,9	8,9
Caorle (*)	Ravenna	Fondo Urbano Res	100	-	-	-	7,1	2,3	7,1
Rocca Brancaleone (*)	Ravenna	Locale Ind/Urbano	99	-	-	-	7,7	2,4	7,7
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	96	< 0,5	122,3	18,1	5,9	1,9	5,9
Xileni C₈H₁₀				Concentrazioni in µg/m³					OMS
<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>	4800 µg/m ³
									<i>Media 24 ore</i>
Zalamella	Ravenna	Traffico	95	< 0,5	35,4	9,1	5,8	2,4	9,1
Caorle (*)	Ravenna	Fondo Urbano Res	100	-	-	-	4,7	1,6	-
Rocca Brancaleone (*)	Ravenna	Locale Ind/Urbano	100	-	-	-	4,9	1,7	-
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	96	< 0,5	38,1	6,8	4,2	1,7	6,8

Tabella 4.13 – C₆H₆ : parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme – strumentazione in continuo e campionatori passivi (Caorle, Rocca)

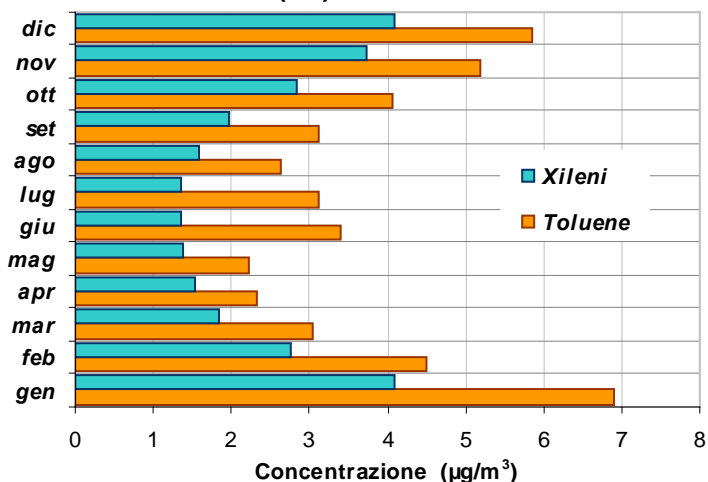
Nella stazione di traffico (Zalamella) e in quella Locale Industriale (Porto San Vitale) toluene e xileni vengono monitorati in continuo.

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

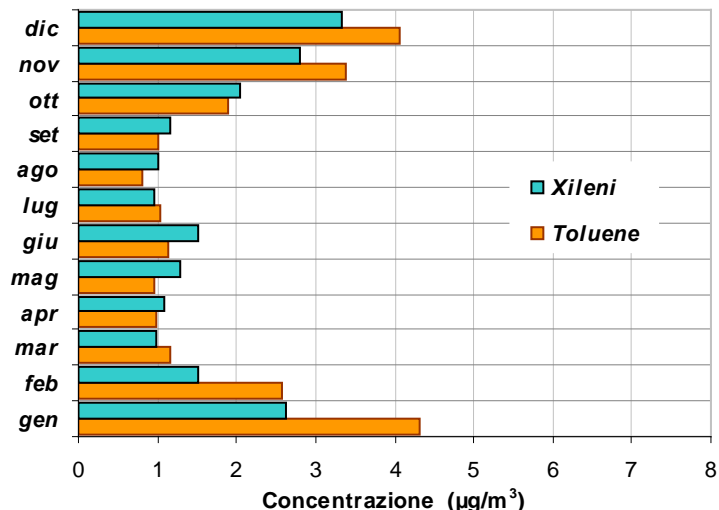
La tabella 4.13 sintetizza le elaborazioni statistiche relative a tutti i campionamenti effettuati e la figura 4.15 riporta le medie mensili. Le concentrazioni massime rilevate in tutte le postazioni sono ben al di sotto dei valori guida dell'OMS (riportati in verde in tabella 4.13).

Toluene e xileni presentano un andamento stagionale meno marcato rispetto al benzene. Le concentrazioni maggiori sono state rilevate nel mese di gennaio nelle postazioni di Zalamella e Porto San Vitale, e nei mesi di novembre e dicembre nelle stazioni di Caorle e Rocca. In generale durante l'estate le concentrazioni di toluene e xileni tendono a diminuire, ad eccezione del mese di giugno in cui, nelle stazioni urbane, i valori di toluene sono un po' più alti.

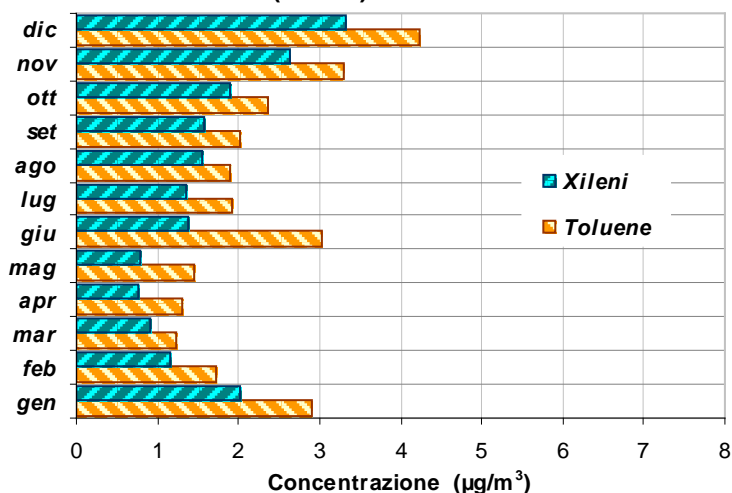
Zalamella (TU) - Medie mensili 2015



Porto San Vitale (Ind) - Medie mensili 2015



Caorle (FURes) - Medie mensili 2015



Rocca (Ind/Urb)- Medie mensili 2014

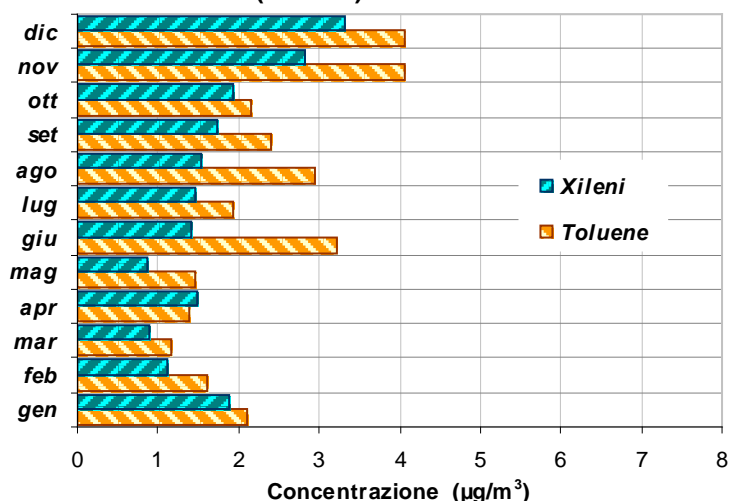


Figura 4.15 – Toluene e Xileni: concentrazioni medie mensili – anno 2015

Tabella 4.13 bis - Andamento temporale di Toluene e Xileni dal 2005 al 2015

Stazione: Zalamella

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Toluene:											
% dati validi	--	85	97	85	91	98	94	94	89	95	95
Media	--	7.2	8.1	5.6	5.0	4.0	4.5	3.8	3.4	3.4	2.7
Max orario	--	316.0	383.0	210.6	57.0	198.1	53.5	162.8	86.0	61.6	51.9
Xileni:											
% dati validi	--	85	97	85	91	98	95	94	91	95	95
Media	--	4.0	8.6	5.5	3.0	2.1	3.0	1.9	1.6	2.1	1.7
Max orario	--	96.2	256.5	110.7	74.0	86.6	65.7	34.3	31.7	28.2	35.4

Stazione: Caorle

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Toluene:											
% dati validi	--	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media annua	--	6.1	5.7	4.9	4.7	2.7	2.7	3.0	2.4	2.0	2.3
Max settimana	--	17.5	14.5	11.2	12.1	13.5	25.7	8.0	6.0	5.8	7.1
Xileni:											
% dati validi	--	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media annua	--	5.5	5.9	5.6	3.5	1.7	1.4	1.7	1.5	1.3	1.6
Max settimana	--	22.4	16.0	12.8	8.3	3.9	3.7	6.2	4.0	3.9	3.9

Stazione: Rocca

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Toluene:											
% dati validi	--	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media annua	--	5.0	5.4	4.3	4.8	2.2	2.3	2.7	2.2	2.2	4.5
Max settimana	--	12.8	12.6	8.8	13.1	4.9	6.7	7.4	5.0	6.1	112.1
Xileni:											
% dati validi	--	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media annua	--	5.1	6.1	4.6	3.5	1.4	1.3	1.6	1.4	1.3	1.7
Max settimana	--	16.6	52.6	9.8	8.6	3.1	2.5	5.9	4.0	4.0	4.9

Stazione: Sapir e Porto San Vitale (dal 2014)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Toluene:											
% dati validi	97	100	100	96	100	100	100	100	100	100	96
Media annua	4.8	4.5	4.0	4.7	2.0	3.9	2.5	2.2	2.0	1.8	1.9
Max settimana	12.2	12.1	9.2	21.9	6.5	94.6	6.9	4.8	6.8	42.1	122.3
Xileni:											
% dati validi	97	100	100	96	100	100	100	100	100	100	96
Media annua	5.2	5.2	5.0	3.8	1.4	1.4	1.6	1.7	1.5	1.5	1.7
Max settimana	12.9	23.9	10.4	12.0	4.2	2.8	4.6	3.8	4.1	54.4	38.1





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/m³ come media annuale e 50 µg/m³ come media sulle 24 ore), pone l'obiettivo di raggiungere «le più basse concentrazioni di PM possibile».

Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione media annuale di particolato PM10	2010 – 2015		
Numero superamenti del limite giornaliero per particolato PM 10	2010 – 2015		

Valutazione in sintesi

Nel 2015 il limite della media annuale del PM10 (40 µg/m³) è rispettato in tutte le postazioni, mentre il limite giornaliero (media giornaliera di 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte in un anno) è superato in tutte le stazioni, ad eccezione delle stazioni di fondo urbano e sub-urbano di Delta Cervia e Parco Bucci.

Se si analizza il trend storico della media annuale, si nota una diminuzione delle concentrazioni dal 2006 e un successivo assestamento negli ultimi anni attorno al valore di 30 µg/m³, tuttavia il PM10 resta un inquinante critico sia per i diffusi superamenti del limite di breve periodo sia per gli importanti effetti che ha sulla salute.

Considerata la classificazione di questo inquinante da parte dell'OMS e le concentrazioni significative che si possono rilevare soprattutto in periodo invernale - la valutazione dello stato dell'indicatore non può essere considerata positiva.

PM₁₀ [L.Q. = 5 µg/m ³]				Concentrazioni in µg/m³		Limiti Normativi	
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<i>40 µg/m³</i>	<i>Max 35</i>
						<i>Media anno</i>	<i>N° giorni Sup. 50 µg/m³</i>
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	94	< 5	92	27	32
Parco Bucci	Faenza	Fondo Urbano	94	6	78	24	19
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	95	6	107	30	42
Zalamella	Ravenna	Traffico	99	7	97	29	40
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	98	< 5	113	30	45
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	8	114	40	80

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

In relazione ai dati riportati in Tabella 4.14 si può osservare che nel 2015 il limite relativo alla media annuale viene rispettato in tutte le postazioni di misura, mentre il limite di breve periodo è superato in tutte le stazioni, fatta eccezione per quelle di Fondo di Delta Cervia e di Parco Bucci.

L'obiettivo dell'OMS di 20 µg/m³ come media annuale e di 50 µg/m³ come concentrazione massima sulle 24 ore è stato superato in tutte le stazioni.

Nell'area urbana di Ravenna (Zalamella [traffico], Caorle [fondo urbano residenziale] Rocca Brancaleone [Locale Industriale/urbana]) il numero di superamenti della media giornaliera di 50 µg/m³ è rispettivamente 40, 45 e 42 giorni.

Nella stazione locale industriale Porto San Vitale nel 2015 sono stati registrati 80 superamenti.

In Figura 4.16 viene riportato il trend degli ultimi anni della media annuale e in Figura 4.17 il numero di superamenti rilevati nelle stazioni urbane e sub urbane della rete (compresa la stazione locale di Rocca Brancaleone).

Nel 2015 la media annuale è superiore ai due anni precedenti, così come il numero di giorni con concentrazioni superiori a 50 µg/m³.

Trend simile si registra anche in area industriale/portuale (stazione locale SAPIR fino al 2013 e Stazione Porto San Vitale dal 2014 - Figura 4.18): i valori della media annuale e del numero di superamenti per il 2015 sono maggiori dei due anni precedenti, anche se in diminuzione rispetto al triennio 2010-2012.

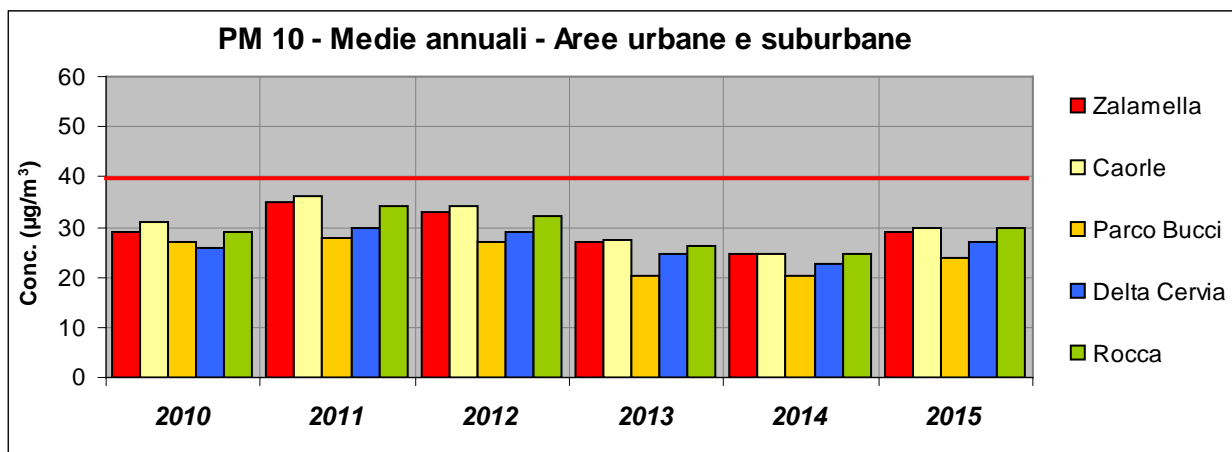


Figura 4.16 – PM10 medie annuali Area Urbana e Sub Urbana – Stazioni RRQA + Stazione Locale di Rocca Brancaleone (Ind/Urb)

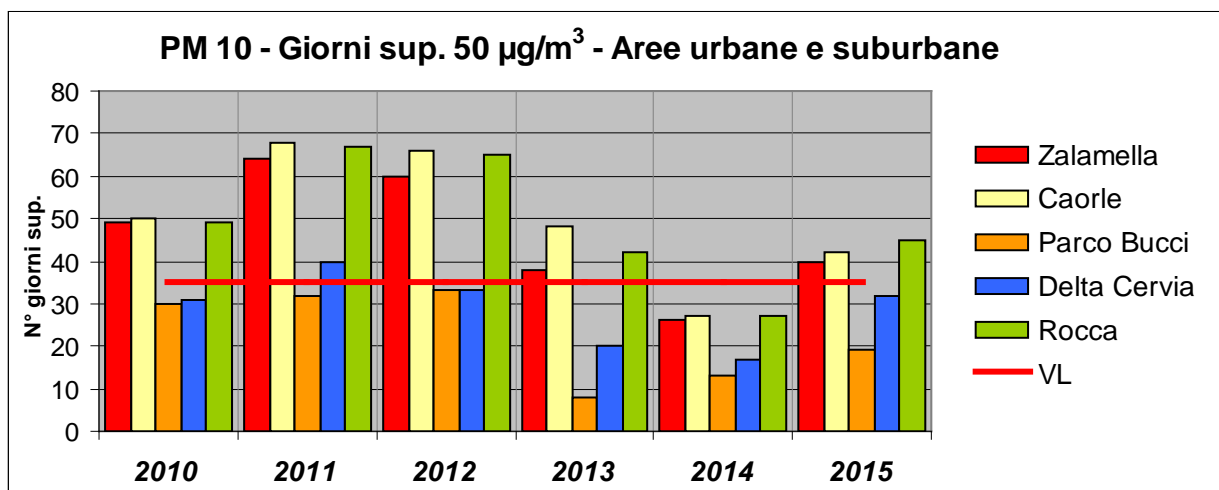


Figura 4.17 – PM10 giorni con superamento dei 50 µg/m³ - Area Urbana e Sub Urbana Stazioni RRQA + Stazione Locale di Rocca Brancaleone (Ind/Urb)

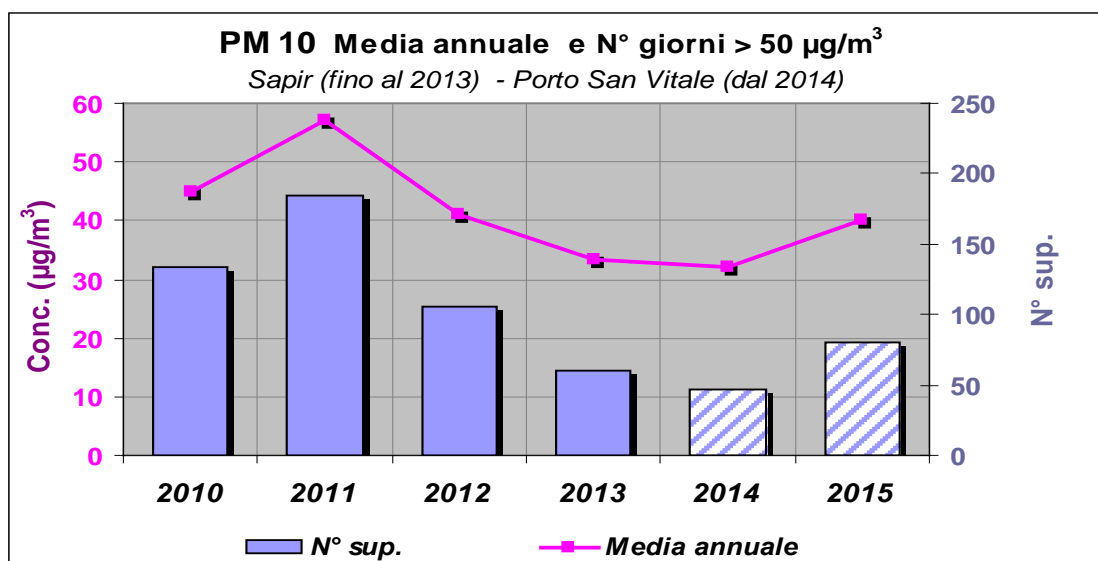


Figura 4.18 – PM10 medie annuali e giorni con superamento dei 50 µg/m³ – Area industriale - Stazione Locale SAPIR (fino 2013) e Porto San Vitale (dal 2014)

La Figura 4.19 riporta il grafico relativo al “numero di superamenti della media di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 cumulati” nel corso del 2015 nelle 5 stazioni della rete e in quella Locale urbana/industriale di Rocca Brancaleone e consente di visualizzare fino a quando, nelle diverse stazioni, il limite di breve periodo è stato rispettato.

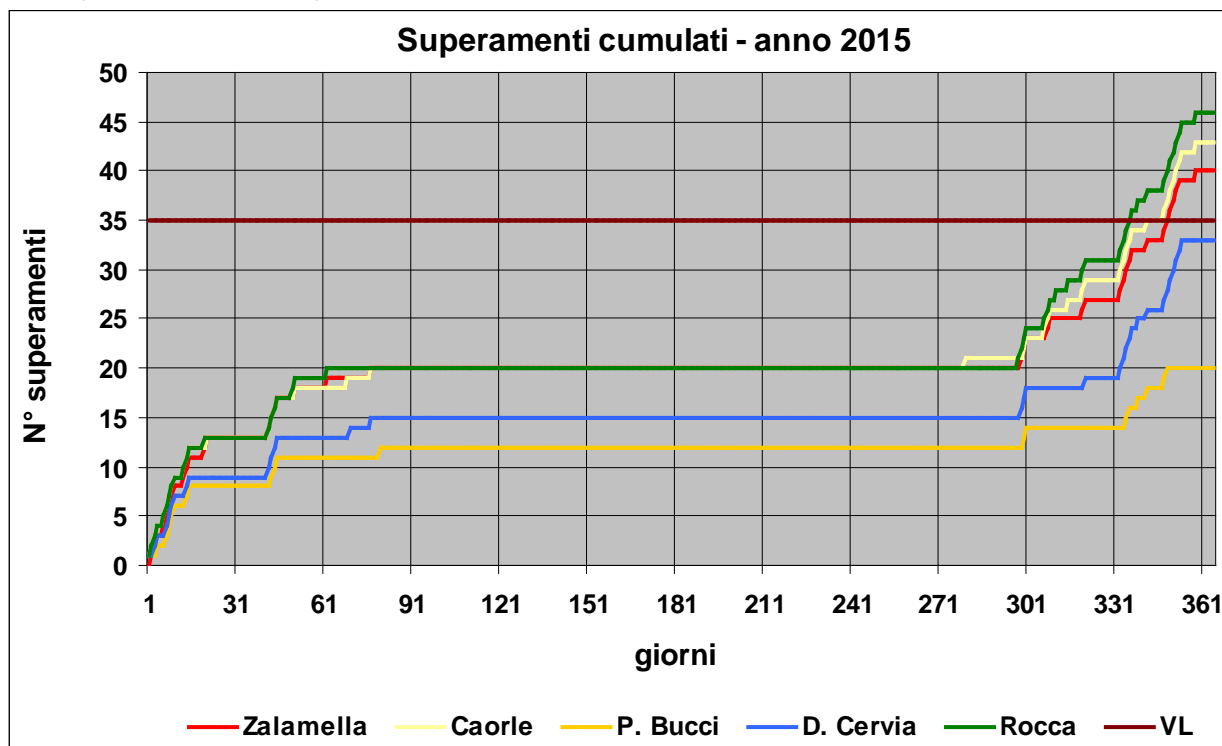
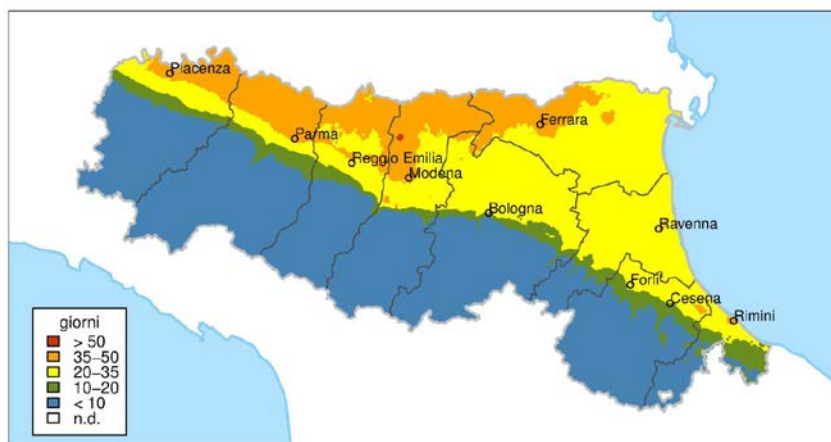


Figura 4.19 – PM10 Superamenti cumulati - Area Urbana e Sub Urbana Stazioni RRQA + Stazione Locale di Rocca Brancaleone (Ind/Urb)

Il numero di superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in ambito regionale è stato elaborato dal SIMC utilizzando il sistema modellistico NINFA+PESCO; le stime sono riportate nella mappa 4.23

PM10 di fondo
numero di giorni in cui la media giornaliera supera i $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
anno: 2015



Mappa 4.3 – Stima regionale del numero di giorni di superamento del valore limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Anno 2015

Nelle figure successive vengono riportate le medie mensili per l'area urbana e sub-urbana (Figura 4.20) e per l'area industriale (Stazioni Locali Figura 4.21). In tutte le stazioni i valori più elevati si sono misurati a gennaio, novembre e dicembre con concentrazioni medie mensili che arrivano a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le concentrazioni più basse sono state misurate a Parco Bucci (Fondo urbano) nei mesi primaverili - estivi.

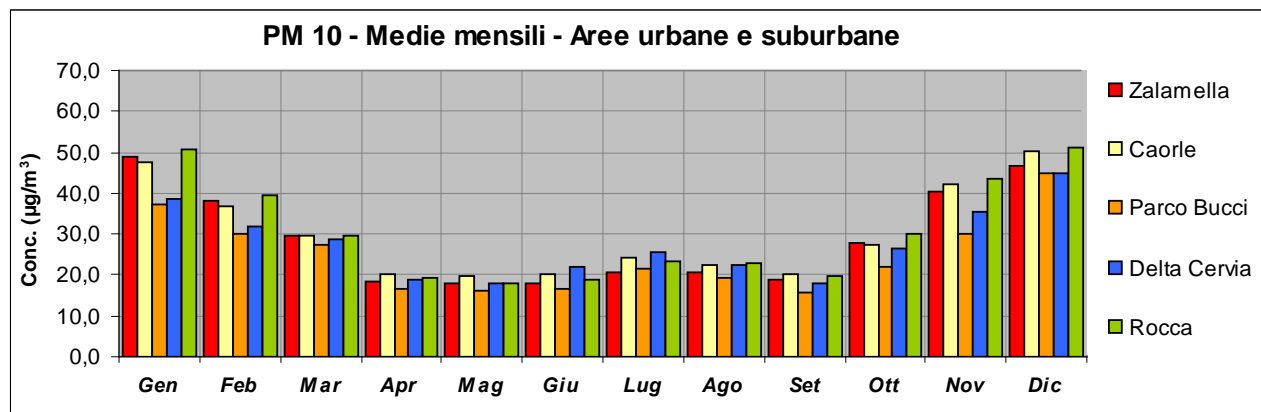


Figura 4.20 – PM10 medie mensili Area Urbana e Sub Urbana – Stazioni RRQA + Stazione Locale di Rocca Brancaleone (Ind/Urb) anno 2015

Anche in area portuale (Stazione Porto San Vitale - Figura 4.21) si riscontra una certa “stagionalità” del particolato, meno evidente poiché la postazione risente delle emissioni legate alle attività insediate al porto, il cui contributo si sovrappone alla variabilità legata alla meteorologia. Andamento analogo alle altre stazioni in area urbana a Rocca Brancaleone.

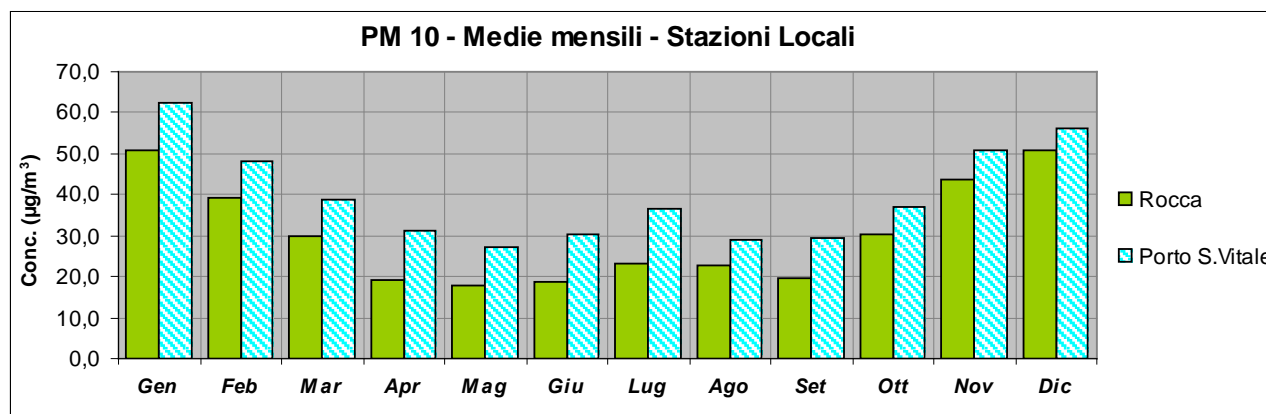
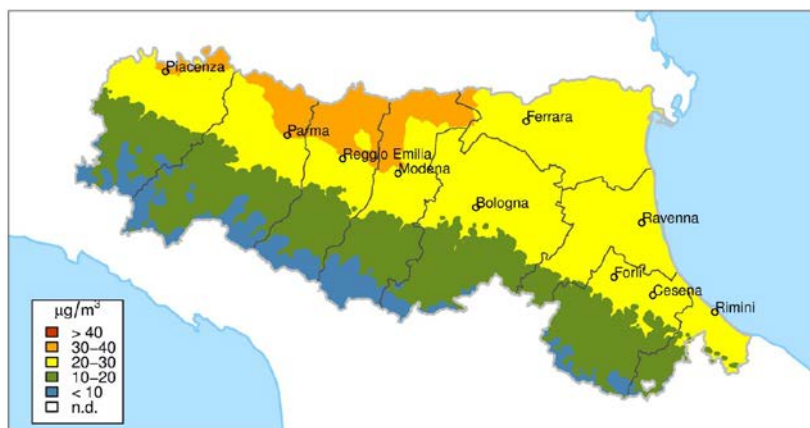


Figura 4.21 – PM10 medie mensili Area Industriale/Portuale – Stazioni Locali Industriali – anno 2015

Segue la mappa, elaborata dal SIMC, con la stima della concentrazione media annuale di PM10 sul territorio regionale per il 2015 (Mappa 4.4).

PM10 di fondo
media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
anno: 2015



Mappa 4.4 – Stima regionale della concentrazione media annuale PM10

Anno 2015

Infine si riportano in Tabella 4.16 alcuni parametri relativi al PM10, calcolati a partire dal 2010.

Tabella 4.16 - Andamento temporale PM10 dal 2005 al 2015 (dati giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	29	35	33	27	25	29
50°Percentile	25	29	26	22	20	23
90°Percentile	-	-	-	-	46	52
95°Percentile	-	-	-	-	56	73
98°Percentile	70	88	84	67	68	83
Max	89	104	171	77	77	97
> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	49	64	60	38	26	40
% dati validi	98	93	95	90	93	99

Stazione: Zalamella

Stazione: Caorle

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	31	36	34	27	25	30
50°Percentile	26	30	27	23	20	24
90°Percentile	-	-	-	-	46	53
95°Percentile	-	-	-	-	57	76
98°Percentile	71	93	93	69	68	87
Max	88	127	175	77	85	107
> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	68	66	48	27	42
% dati validi	98	98	98	99	96	95

Stazione: Parco Bucci

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	27	28	27	20	20	24
50°Percentile	22	24	22	17	17	20
90°Percentile	-	-	-	-	33	42
95°Percentile	-	-	-	-	41	53
98°Percentile	67	79	73	51	61	62
Max	83	92	130	67	69	78
> 50 µg/m ³	30	32	33	8	13	19
% dati validi	90	98	99	97	86	94

Stazione: Delta Cervia

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	26	30	29	25	23	27
50°Percentile	21	26	25	21	19	25
90°Percentile	-	-	-	-	40	47
95°Percentile	-	-	-	-	50	66
98°Percentile	68	77	75	61	62	74
Max	98	99	144	78	80	92
> 50 µg/m ³	31	40	33	20	17	32
% dati validi	94	98	98	93	93	94

Stazione: Rocca Brancaleone

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	29	34	32	26	25	30
50°Percentile	25	28	24	21	19	25
90°Percentile	-	-	-	-	46	55
95°Percentile	-	-	-	-	58	78
98°Percentile	72	91	89	69	68	93
Max	97	117	186	82	85	113
> 50 µg/m ³	49	67	65	42	27	45
% dati validi	99	99	99	99	98	98

Stazione: SAPIR e Porto San Vitale (dal 2014)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	45	57	41	33	32	40
50°Percentile	41	51	37	28	27	35
90°Percentile	-	-	-	-	55	69
95°Percentile	-	-	-	-	67	92
98°Percentile	112	152	95	84	75	106
Max	191	177	143	111	104	114
> 50 µg/m ³	134	184	105	60	47	80
% dati validi	97	98	100	99	96	99



4.8 Particolato PM 2,5

Con il termine particolato ultrafine, PM_{2,5}, 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 PM_{2,5} 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: eruzioni vulcaniche, erosione del suolo, incendi boschivi, aerosol marino, o da sorgenti antropiche tra le quali: traffico veicolare, utilizzo di combustibili (carbone, combustibili liquidi, rifiuti, legno, rifiuti agricoli), emissioni industriali (cementifici, fonderie).

Questo inquinante – come il PM 10 - 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 « 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 PM_{2.5}) 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 2.5: 10 µg/m³ come media annuale e 25 µg/m³ come media sulle 24 ore), pone l'obiettivo di raggiungere «le più basse concentrazioni di PM possibile».

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di Particolato ultrafine (PM _{2,5})	2009 – 2015		

Valutazione in sintesi

Nel 2015 il limite relativo alla media annuale del PM_{2,5} viene rispettato in tutte le postazioni, risultato da consolidare – e possibilmente migliorare - anche negli anni futuri.

Il valore più elevato viene registrato nella stazione di Fondo Urbano Residenziale (Caorle) e in quella Locale industriale (Porto San Vitale).

La stagione più critica è quella invernale, quando le concentrazioni di PM_{2,5} rappresentano circa l'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 non può essere considerata positiva.

PM_{2,5} [L.Q. = 5 µg/m³]				Concentrazioni in µg/m³		Limiti Normativi
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<i>25 µg/m³</i>
						<i>Media anno</i>
Ballirana	Alfonsine	Fondo Rurale	91	<5	83	18
Parco Bucci	Faenza	Fondo Urbano	94	<5	48	14
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	95	<5	88	19
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	5	98	25

Tabella 4.17 – PM_{2,5}: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

Nella rete regionale di Ravenna il PM_{2,5} viene monitorato in continuo presso 2 stazioni: Fondo Urbano (Parco Bucci) e Fondo Rurale (Ballirana).

Dal 2014 sono state aggiunte altre 2 stazioni: Fondo Urbano Residenziale (Caorle) e Locale Industriale (Porto San Vitale)

Relativamente al PM_{2,5} il D.lgs 155/2010 indica, a partire dal 1° gennaio 2015, un valore limite della media annuale pari a 25 µg/m³ che viene rispettato in tutte le stazioni.

Non è invece rispettato il valore guida dell'OMS (10 µg/m³).

Di seguito si riporta il grafico con le medie mensili (Figura 4.22).

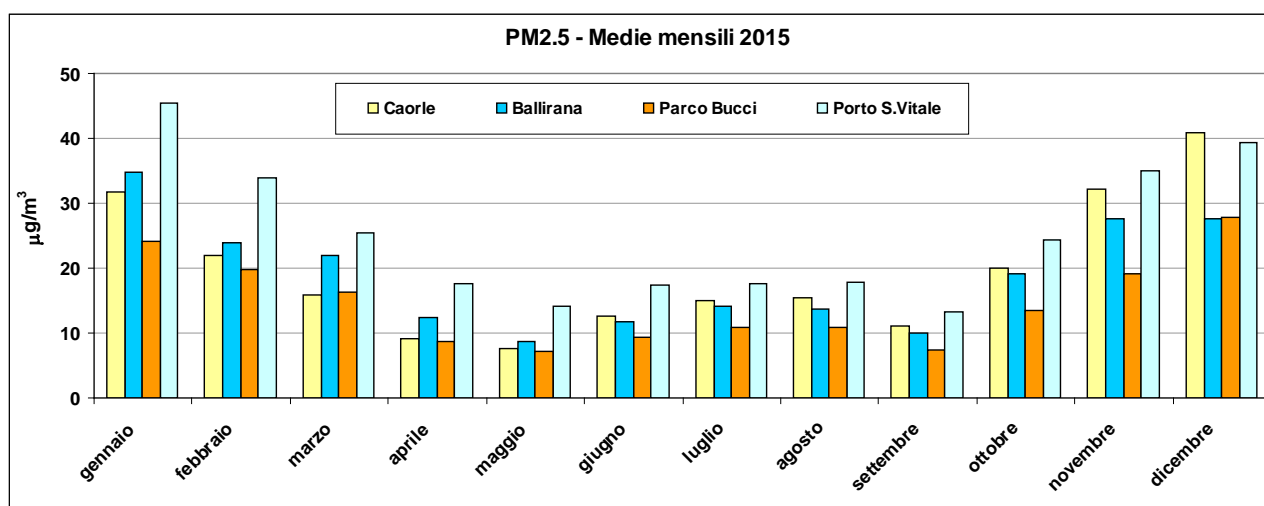


Figura 4.22 – PM_{2,5}: medie mensili 2015

In Figura 4.23 sono riportate le medie annuali e i superamenti di 25 µg/m³ rilevati dal 2009 nelle stazioni provinciali della RRQA.

Nel 2015, tutte le stazioni rispettano il limite normativo, pur mantenendosi al di sopra dei valori consigliati dall'OMS.

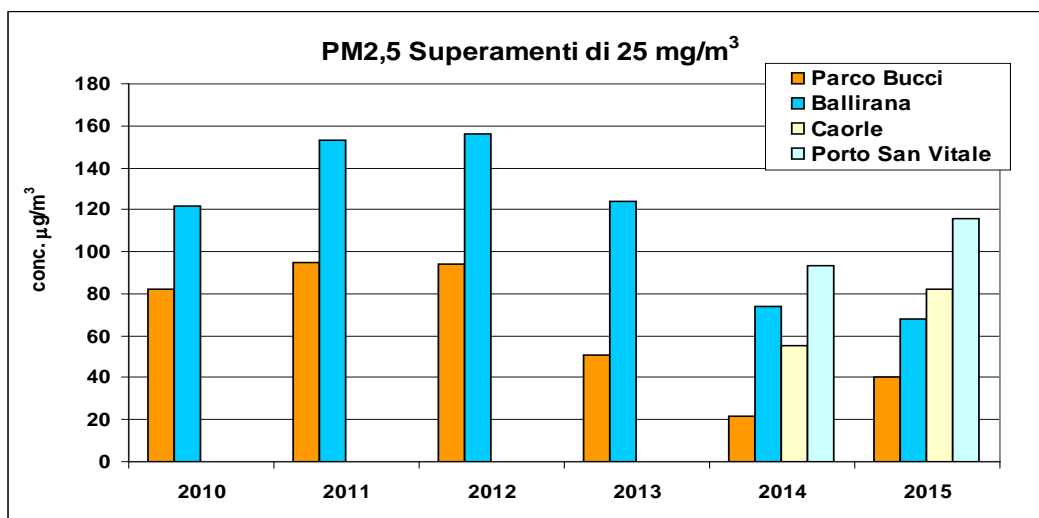
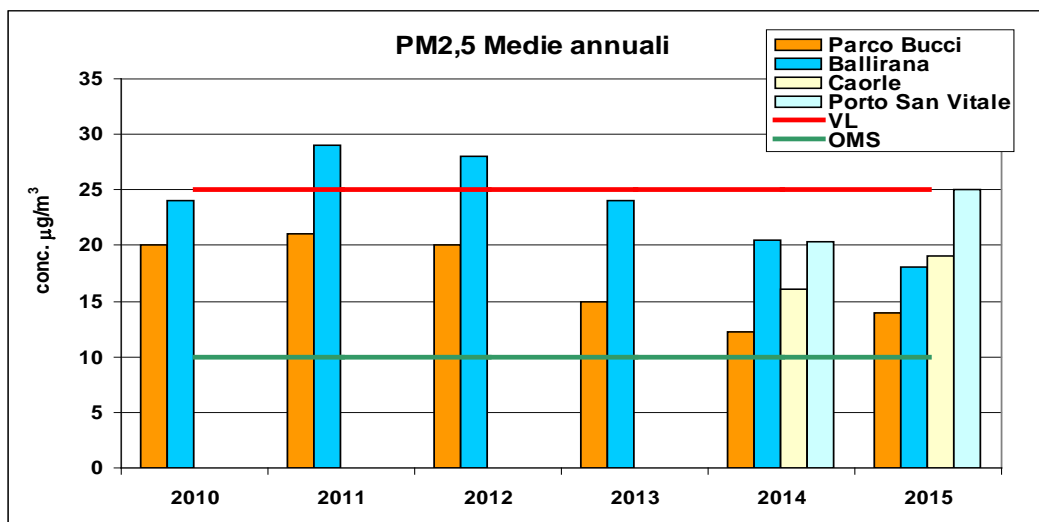
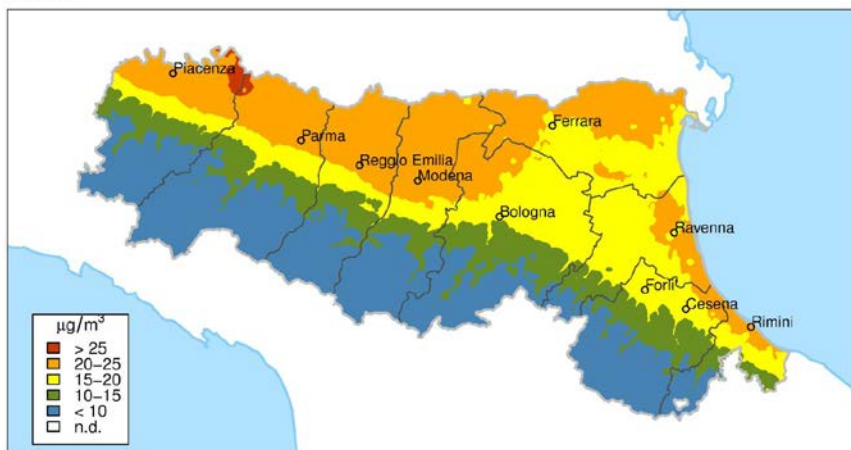


Figura 4.23 – PM_{2,5}: medie annuali e superamenti della media giornaliera di 25 µg/m³ 2010 - 2015

Segue la mappa, elaborata dal SIMC, con la stima della concentrazione media annuale di PM_{2,5} sul territorio regionale per il 2015 (Mappa 4.5).

PM2.5 di fondo
media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
anno: 2015



Mappa 4.5 – Stima regionale della concentrazione media annuale PM2,5

Anno 2015

Poiché nelle stazioni di Parco Bucci, Carole e Porto San Vitale sono installati degli strumenti che permettono la contestuale misurazione di particolato PM10 e PM2,5 (SWAM –DualChannel), è stata calcolata, e riportata in grafico (Figura 4.24), la media mensile dei rapporti giornalieri delle concentrazioni delle due frazioni granulometriche PM2,5 e PM10 per ogni stazione.

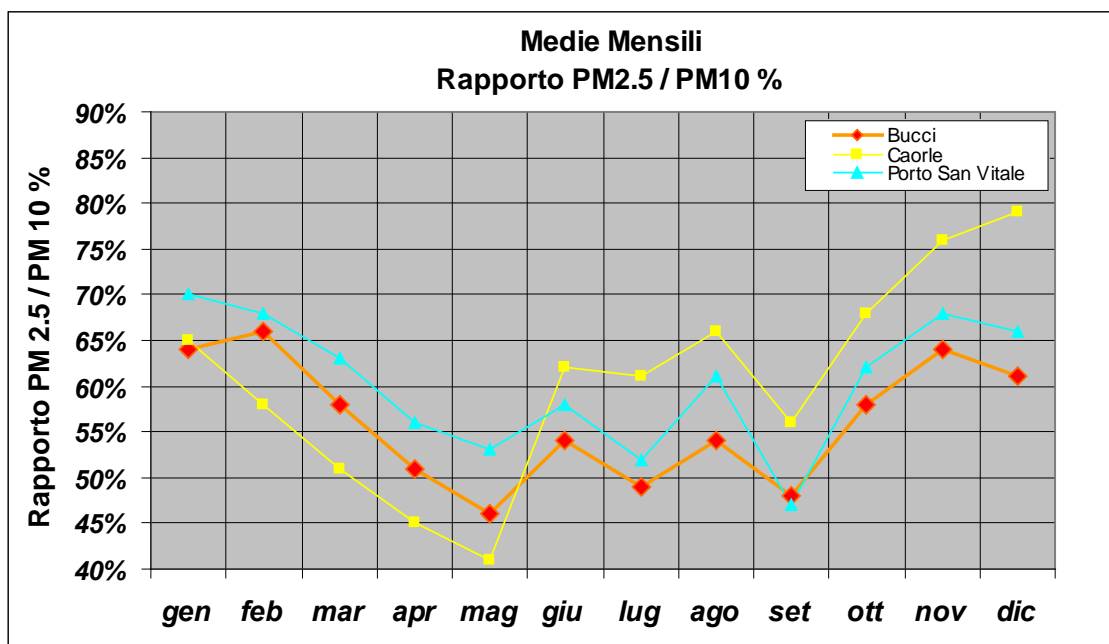


Figura 4.24
Rapporto PM_{2,5}/PM₁₀ : medie mensili 2015

Dagli andamenti del rapporto si osserva una spiccata stagionalità: la quota di particolato fine è maggiore nei mesi invernali (nei mesi di gennaio, febbraio, novembre e dicembre) dove circa il 70% del PM10 è costituito da PM2,5.

Le particelle con un diametro aerodinamico attorno ai 10 μm (PM10) vengono generate, per una quota significativa, per azione meccanica mentre quelle più fini sono prodotte prevalentemente dalla combustione o sono di origine secondaria, cioè prodotte 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 PM 2,5 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;
- con l'incremento della componente secondaria legata ad una maggiore presenza di precursori in atmosfera.

Infine si riportano in Tabella 4.17 bis alcuni parametri relativi al PM2,5 calcolati a partire dal 2010.

Tabella 4.17 bis - Andamento temporale PM2,5 dal 2010 al 2015 (dati giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stazione: Parco Bucci

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	20	21	20	15	12	14
50°Percentile	16	16	15	12	10	11
90°Percentile	-	-	-	-	22	27
95°Percentile	-	-	-	-	28	35
98°Percentile	59	71	61	44	41	43
Max	74	85	118	56	46	48
> 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	82	95	94	51	22	40
% dati validi	91	98	99	97	86	94

Stazione: Ballirana

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	24	29	28	24	20	18
50°Percentile	20	23	23	21	18	14
90°Percentile	-	-	-	-	36	39
95°Percentile	-	-	-	-	45	48
98°Percentile	67	81	69	59	53	58
Max	82	102	149	81	62	83
> 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	122	153	156	124	74	68
% dati validi	99	98	97	94	92	91

Stazione: Caorle

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	-	-	-	-	16	19
50°Percentile	-	-	-	-	12	14
90°Percentile	-	-	-	-	32	40
95°Percentile	-	-	-	-	41	57
98°Percentile	-	-	-	-	50	69
Max	-	-	-	-	60	88
> 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	55	82
% dati validi	-	-	-	-	97	95

Stazione: Porto San Vitale

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Media	-	-	-	-	20	25
50°Percentile	-	-	-	-	16	20
90°Percentile	-	-	-	-	36	48
95°Percentile	-	-	-	-	47	68
98°Percentile	-	-	-	-	62	85
Max	-	-	-	-	80	98
> 25 µg/m³	-	-	-	-	93	116
% dati validi	-	-	-	-	96	99

4.9 Analisi sul particolato

Il particolato PM10 e PM 2,5 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 la ricerca di PCB, Diossine e Furani, monitoraggio che era stato effettuato anche nel periodo 2004 – 2008.

Il D.Lvo 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 ai metodi 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) ne ha accertato la cancerogenicità per l'uomo (Gruppo1).

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

In particolari aree geografiche, le principali sorgenti naturali di IPA nell'ambiente sono costituite da incendi boschivi e vulcani. Per quanto riguarda le sorgenti antropiche, il maggior contributo deriva dalla combustione incompleta di composti organici durante processi industriali ed altre attività come la trasformazione di combustibili fossili, la produzione di alluminio, acciaio e di materiali bituminosi, l'incenerimento di rifiuti, la produzione di energia termoelettrica, il traffico veicolare, il riscaldamento domestico, 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.

<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	2010 - 2015		

Valutazione in sintesi

Nel 2015 il valore obiettivo di 1 ng/m³, come media annuale del Benzo(a)pirene, valido a partire dal 2012, risulta rispettato in tutte le stazioni. Tale situazione è stabile per tutto l'arco temporale considerato, pertanto la criticità segnalata non è relativa alle concentrazioni rilevate quanto alla classificazione dell'inquinante come accertato cancerogeno.

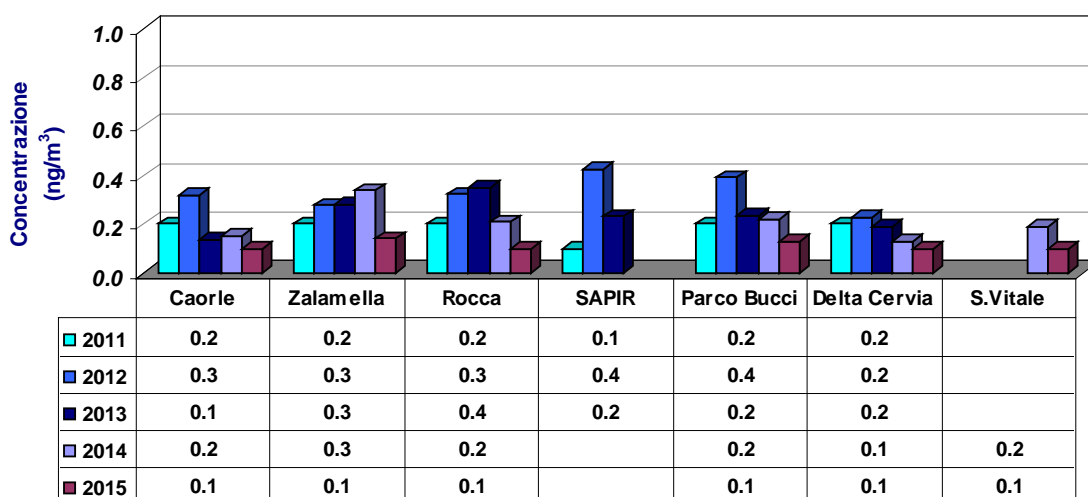
IPA Concentrazione di inquinante nella frazione PM10				Medie mensili di benzo(a)pirene in ng/m³		Limiti Normativi
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza %	Minimo	Massimo	1 ng/m ³
						Media annuale Benzo(a)pirene
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	94	<0,1	0,4	0,1
Parco Bucci	Faenza	Fondo Urbano	94	<0,1	0,5	0,1
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	95	<0,1	0,5	0,1
Zalamella	Ravenna	Traffico	99	<0,1	0,7	0,1
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	98	<0,1	0,5	0,1
San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	<0,1	0,4	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/m³) rilevate nelle postazioni della provincia negli ultimi 5 anni.

Le medie annuali del 2015 rilevate nelle postazioni, sono comprese nell'intervallo tra 0,07 a 0,14 ng/m³, sono quindi le più basse registrate negli ultimi 5 anni (Fig. 4.25), e sono circa il 10-15% del valore obiettivo previsto dalla normativa.

BaP - Medie annuali 2011 - 2015



Nota: i dati al di sotto del LR di 0.1 ng/m³ sono stati posti pari al limite stesso

Figura 4.25 – Concentrazioni medie annuali BaP – anni 2011 – 2015

L'istogramma delle concentrazioni medie mensili di BaP (Figura 4.26) mostra un marcato andamento stagionale, con concentrazioni anche al di sotto della sensibilità analitica nei mesi primaverili ed estivi e valori più significativi in periodo invernale.

Concentrazioni più basse durante i mesi estivi, sono probabilmente riconducibili alla concomitanza di diversi fattori, fra questi la diminuzione delle sorgenti presenti (uso meno intensivo dell'auto, riscaldamento spento,...), condizioni meteorologiche che favoriscono la diffusione degli inquinanti (venti più intensi, acquazzoni che dilavano l'atmosfera, assenza di inversione termica) ed una maggiore insolazione, in grado di attivare reazioni di degradazione degli IPA.

Nelle stazioni Locali di tipo industriale (Rocca e San Vitale) le concentrazioni medie mensili appaiono in linea a quelle rilevate nelle altre stazioni della rete.

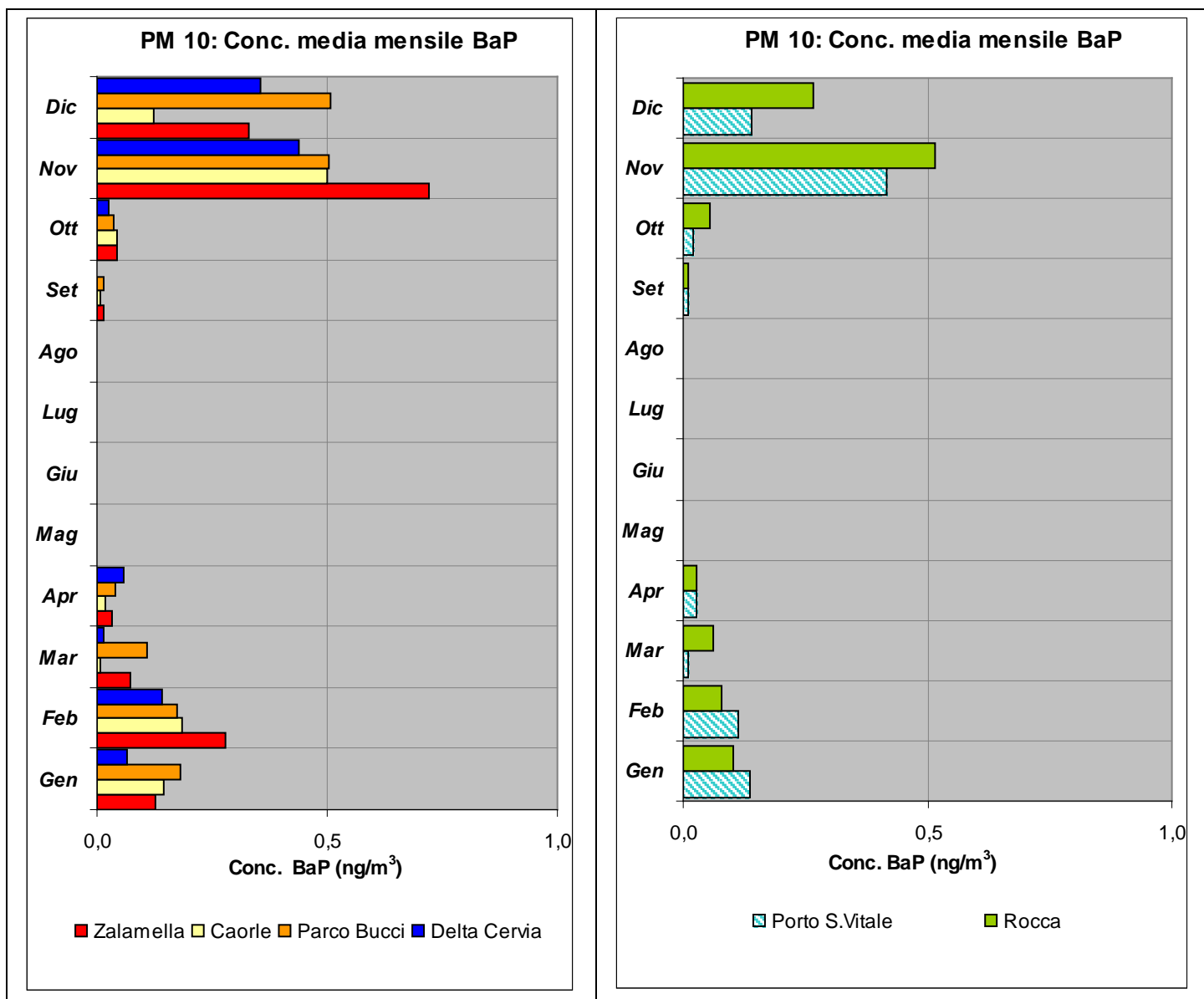
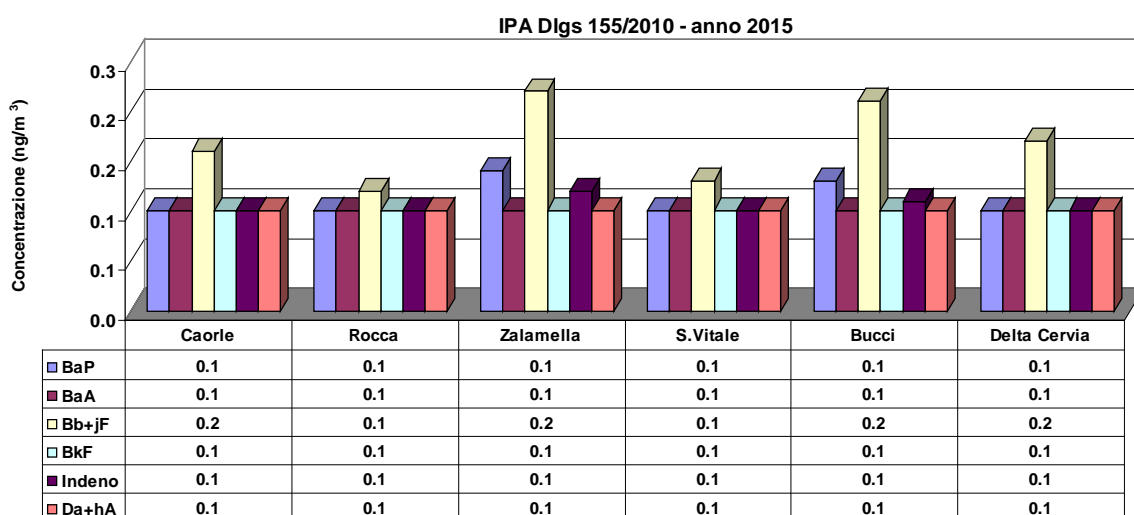


Figura 4.26 – Andamento temporale delle concentrazioni di BaP adsorbito al particolato PM10 nel corso del 2015 in stazioni urbane e di fondo (a sinistra) e in stazioni Locali industriali (a destra)

Il grafico di figura 4.27 riporta le concentrazioni medie annuali degli IPA richiamate dal Decreto e misurate nelle diverse postazioni della rete di controllo della qualità dell'aria: concentrazioni maggiori si riscontrano per il benzo[b+j]fluorantene, classificato dallo IARC come possibile cancerogeno per l'uomo (2B), presso le stazioni di traffico urbano di Ravenna: Zalamella, e in quella di fondo urbano di Faenza: Parco Bucci.

Gli altri composti si attestano su valori più contenuti. Particolarmente basse in tutte le postazioni sono le concentrazioni di dibenzo(a,h)antracene classificato dallo IARC 2B.



Nota: i dati al di sotto del LR di 0.1 ng/m³ sono stati posti pari al limite stesso

Figura 4.27 – Media annuale sul particolato PM10 (2015) degli IPA indicati dal dlgs 155/2010 - postazioni della rete di controllo della qualità dell'aria

4.9.1.1 IPA nel PM 2.5 e rapporto PM10/PM2.5

Dal 2009 gli IPA vengono rilevati anche sul particolato PM_{2,5}: a Ballirana – (dove si misura solo il PM 2.5) e a Parco Bucci (dove si rileva anche il PM₁₀); mentre dal 2014 vengono analizzati anche sul particolato PM_{2,5} delle stazioni di Caorle e San Vitale (nelle stesse stazioni si misura anche il PM₁₀).

La figura 4.28 riporta, per l'anno 2015, la concentrazione media mensile di B(a)P adsorbito sul PM_{2,5} nelle quattro stazioni.

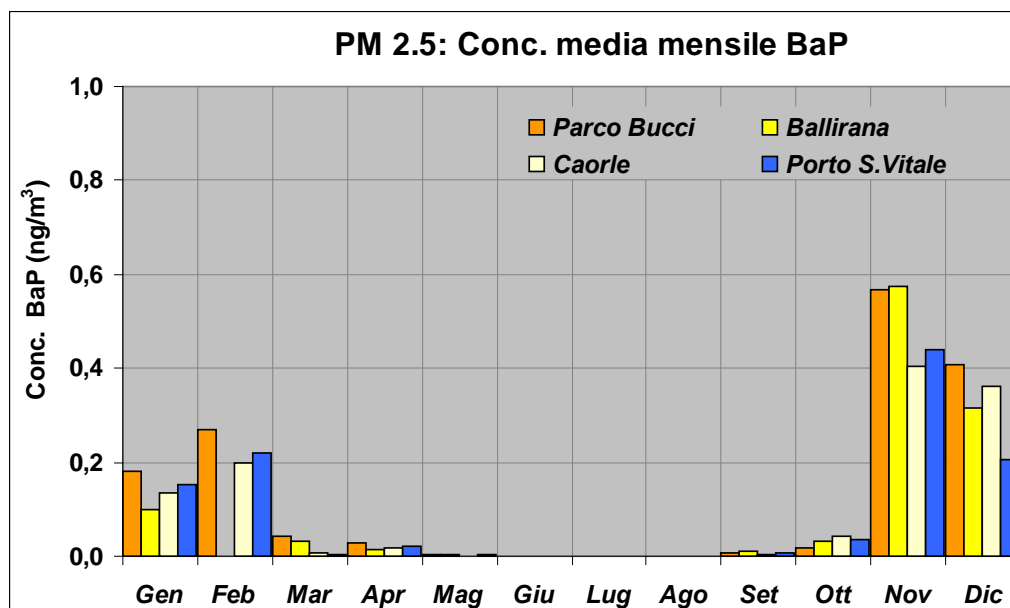


Figura 4.28 –
Andamento
temporale delle
concentrazioni
di BaP sul
PM_{2,5}

Anno 2015

Per la stazioni in cui si misura contestualmente PM₁₀ e PM_{2,5} (Parco Bucci, Caorle e 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 PM_{2,5}) 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 PM_{2,5}.

In figura 4.29 è riportato il risultato di tale elaborazione per l’anno 2015.

Nella stazione Locale di Porto San Vitale (area portuale) e i quella di Fondo Urbano di Caorle il rapporto è inferiore ad 1 nei mesi invernali, nella quasi totalità degli IPA analizzati, ad indicare un maggiore adsorbimento degli IPA ricercati sul particolato più fine, mentre durante la stagione estiva, il rapporto è sempre maggiore di 1. Nel per l benzo(a)antracene per la stazione di Caorle si arriva ad un valore maggiore di circa 2,2.

Nella stazione di Fondo Urbano di Faenza: Parco Bucci, si rilevano sempre valori superiori a 1 sia durante il semestre invernale che in quello estivo, anche se d’estate, come per le altre stazioni, i valori aumentano per tutti gli IPA ed in particolare per il benzo(a)antracene che raggiunge un valore di circa oltre 2,7.

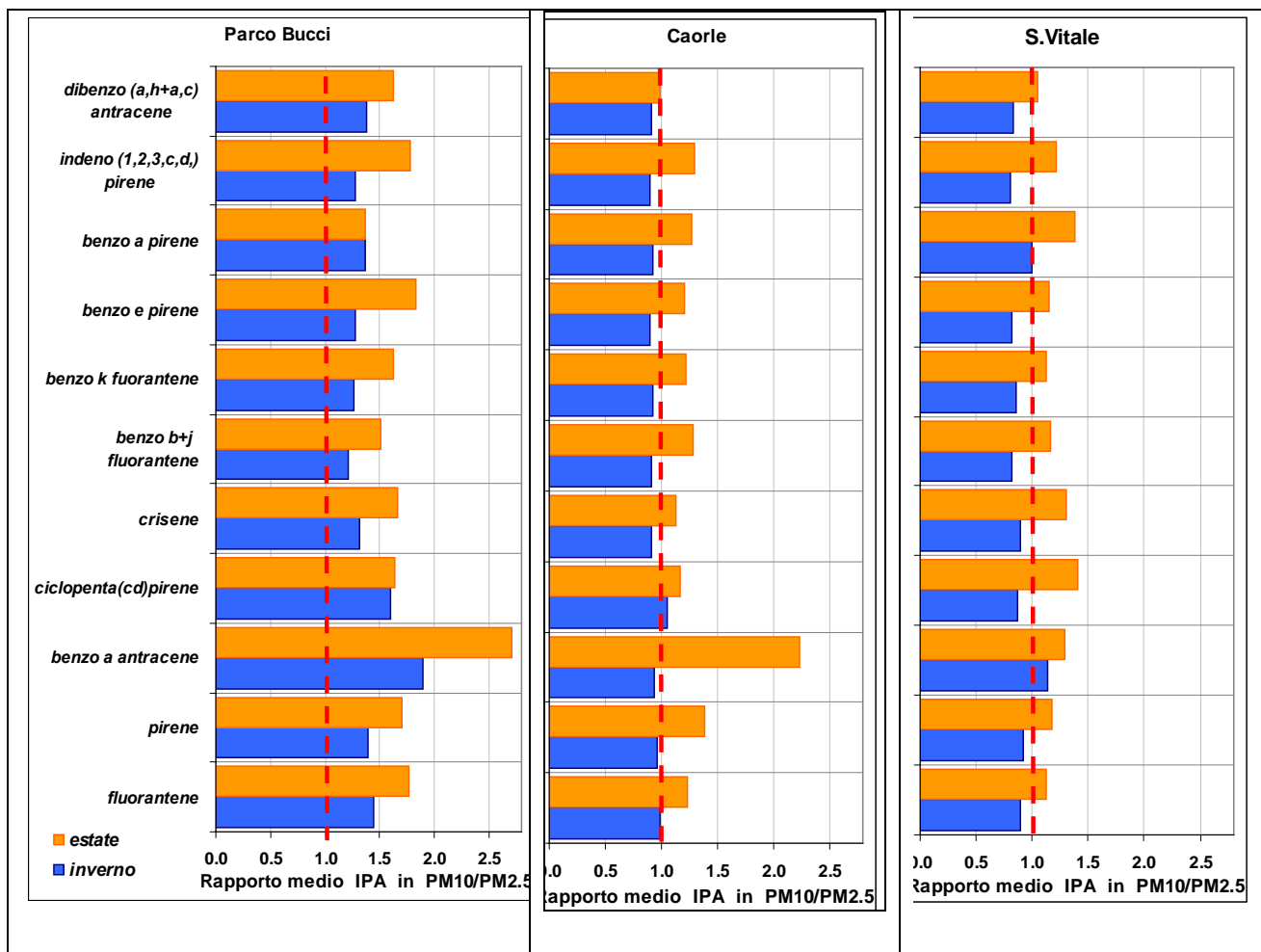


Figura 4.29 – Rapporto “ng IPA per ogni g PM₁₀ / ng IPA per ogni g PM_{2.5}”
Anno 2015

4.9.1.2 Rapporti diagnostici

E' 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 marker di particolari sorgenti antropiche – che consentono di formulare ipotesi circa l'origine (sorgente) prevalente nella formazione di questi composti.

In particolare sono stati calcolati i rapporti diagnostici riportati in tabella 4.19, con riferimento all'anno 2015 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	
	0.35-0.70	Diesel emissions	
Fluorene/(fluorene + pyrene)	>0.5	Diesel	Rogge et al. (1993a,b); Mandalakis et al. (2002); Fang et al. (2004); Ravindra et al. (2006a, b)
	<0.5	Gasoline	
B[a]P/(B[a]P + chrysene)	0.5	Diesel	Khalili et al. (1995); Guo et al. (2003)
	0.73	Gasoline	
Benzo[b]fluoranthene/benzo[k]fluoranthene	>0.5	Diesel	Pandey et al. (1999); Park et al. (2002)
B[a]P/benzo[ghi]perylene	0.5-0.6	Traffic emission	Pandey et al. (1999); Park et al. (2002); Pandey et al. (1999)
	>1.25	Brown coal ^b	
Indeno[1,2,3-cd]pyrene/benzo[ghi]perylene	<0.4	Gasoline	Caricchia et al. (1999)
	~1	Diesel	
CPAHs/TPAHs ^a	~1	Combustion	Prahl et al. (1984); Takada et al. (1990); Mantis et al. (2005) Ravindra et al. (2006a, 2008); Gogou et al. (1996)
	~1	Combustion	
Fluoranthene/benzo[e]pyrene	3.5±0.5	Automobile exhaust	Oda et al. (2001)
Pyrene/benzo[e]pyrene	6±1		
Pyrene/B[a]P	~10	Diesel engine	
	~1	Gasoline engine	
Fluoranthene/pyrene	0.6	Vehicle	Neilson (1998)

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

Tabella 4.19– Esempi di rapporti diagnostici (Ravindra et. al., atm environment (2008) doi:10.1016/j.atmosenv.2007.12.010).

A titolo esemplificativo si riportano i rapporti evidenziati in rosso nella tabella 4.19, calcolati per l'anno 2015:

- $\text{indeno}(123\text{cd})\text{pirene} / (\text{indeno}(123\text{cd})\text{pirene} + \text{benzo}(\text{ghi})\text{perilene})$
- $\text{BaP} / (\text{BaP} + \text{crisene})$.

Per ogni rapporto è stata calcolata la media annua e la media dei soli mesi autunnali e invernali (gennaio ÷ marzo e ottobre ÷ dicembre), gli IPA infatti subiscono reazioni di degradazione per effetto dell'insolazione, ma con modalità e intensità diverse fra i vari composti e questo può alterare il valore del rapporto diagnostico.

Rapporto medio					
		$I(123cd)P / I(123cd)P + B(ghi)Pe$		$BaP / (BaP + crisene)$	
<i>Stazione</i>		<i>2015</i>	<i>autunno ed inverno 2015</i>	<i>2015</i>	<i>autunno ed inverno 2015</i>
<i>Rocca</i>	<i>PM10</i>	0,48	0,48	0,59	0,60
<i>Caorle</i>	<i>PM10</i>	0,50	0,50	0,59	0,60
<i>Caorle</i>	<i>PM2.5</i>	0,47	0,47	0,57	0,58
<i>Zalamella</i>	<i>PM10</i>	0,49	0,50	0,59	0,60
<i>Bucci</i>	<i>PM10</i>	0,50	0,50	0,61	0,62
<i>Bucci</i>	<i>PM2.5</i>	0,51	0,51	0,63	0,64
<i>Ballirana</i>	<i>PM2.5</i>	0,49	0,50	0,62	0,63
<i>Cervia</i>	<i>PM10</i>	0,50	0,50	0,59	0,60
<i>San Vitale</i>	<i>PM10</i>	0,50	0,50	0,58	0,59
<i>San Vitale</i>	<i>PM2.5</i>	0,51	0,51	0,59	0,59
valore di riferimento		Traffico veicolare 0.35 ÷ 0.70		0.5 0.73	diesel benzina

Tabella 4.20 – Rapporti diagnostici calcolati per le postazioni della provincia di Ravenna - 2015

Per quanto riguarda il rapporto $I(123cd)P / [I(123cd)P + B(ghi)Pe]$, in tutte le postazioni si riscontrano valori molto stabili e sempre compresi nel range di riferimento tipico delle emissioni da traffico veicolare, sia nella stagione invernale sia nell'intero anno.

Stabilità fra valori invernali ed annuali si rileva anche per il rapporto $BaP / [(BaP + crisene)]$. I dati sono molto simili in tutte le postazioni e compresi fra quelli tipici di emissioni da veicoli a benzina e veicoli diesel.

Per gli IPA considerati nei rapporti diagnostici (indeno(123cd)pirene, benzo(ghi)perilene, benzo(a)pirene e crisene) vengono di seguito rappresentate le medie mensili (Figura 4.30) per le postazioni di traffico urbano (Zalamella), industriale (San Vitale) e fondo suburbano (Delta Cervia).

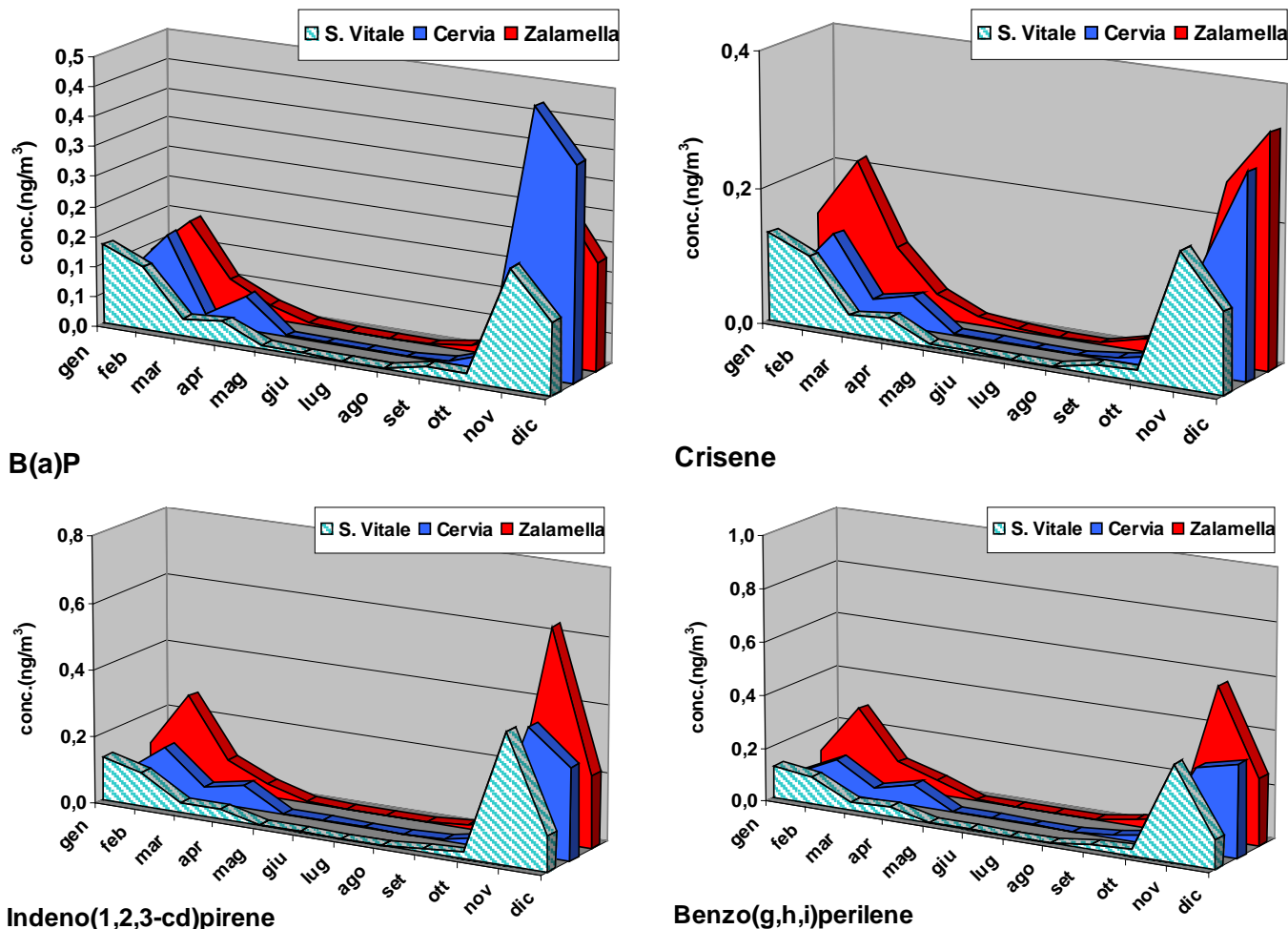


Figura 4.30 – Medie mensili degli IPA considerati nei rapporti diagnostici – 2015

In Figura 4.31 i risultati dei due rapporti diagnostici relativi ai periodi autunno e inverno degli ultimi cinque anni, calcolati per le stazioni di Zalamella, Delta Cervia e San Vitale. Mentre il primo rapporto risulta stabile intorno a 0.5 (ad esclusione di Sapir 2013), il rapporto BaP/(BaP+Crisene) varia tra 0.5 e 0.7 circa.

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).

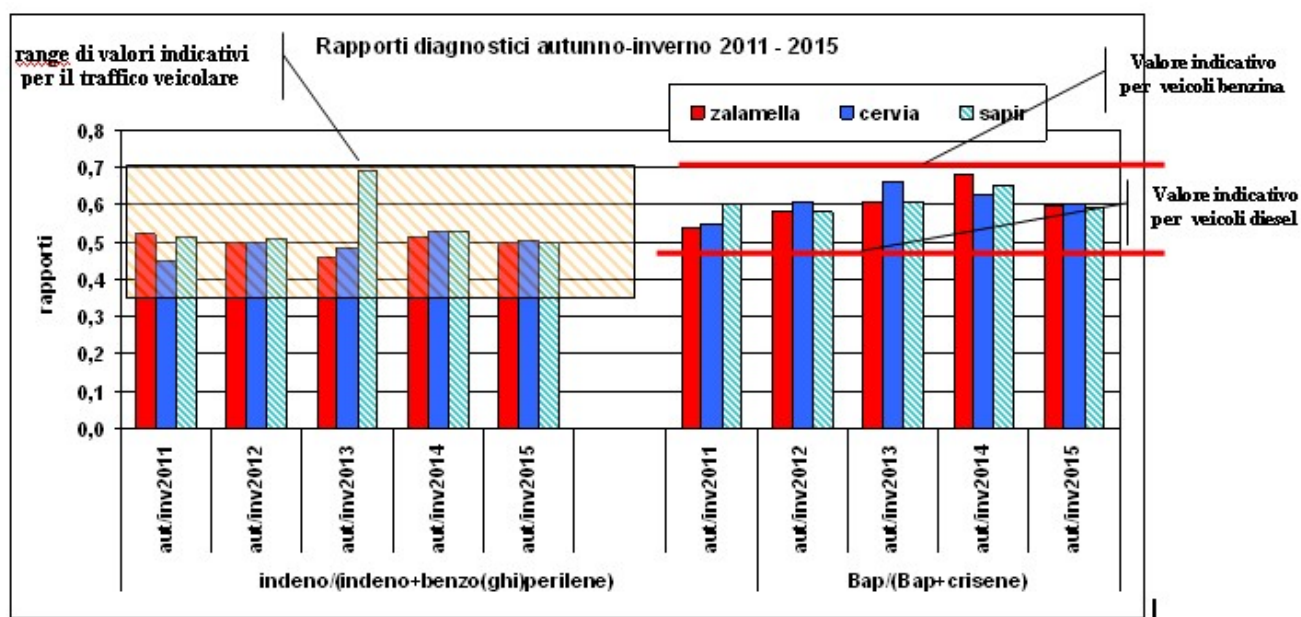


Figura 4.31 – Rapporti diagnostici, mesi invernali e autunnali 2011 - 2015

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, classificati dall'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (IARC) come cancerogeni per l'uomo, che hanno evidenziato un'ampia gamma di effetti tossici sulla salute.

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 oli 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).

Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione in aria di Metalli Pesanti (As, Cd, Ni, Pb)	2008 - 2015		

Valutazione in sintesi

Per tutti i metalli ricercati, nell'anno 2015, le concentrazioni medie risultano inferiori ai limiti di legge e in linea con i dati rilevati negli anni precedenti.

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

Metalli Concentrazione di inquinante nella frazione PM10				Limiti Normativi Medie annuali			
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza %	Arsenico(As) 6 ng/m ³	Cadmio (Cd) 5 ng/m ³	Nichel (Ni) 20 ng/m ³	Piombo(Pb) 500 ng/m ³ = 0,5 µg/m ³
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	94	0,6	0,3	1,3	3,9
Parco Bucci	Faenza	Fondo Urbano	94	0,5	0,1	1,7	4,5
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	95	0,5	0,5	1,0	4,0
Zalamella	Ravenna	Traffico	99	0,6	1,2	1,8	5,1
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	98	0,6	0,8	1,4	4,8
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	0,7	0,4	1,9	5,0

Tabella 4.21 – Metalli sul particolato PM₁₀ espressi in ng/m³: parametri statistici e confronto con i limiti normativi

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

La determinazione analitica della soluzione di campione è effettuata con un sistema ICP/MS (Inductively Couplet Plasma Mass Spectrometry).

I risultati delle analisi evidenziano come metalli e non metalli sono sempre presenti, pur rappresentando poche unità percentuali in massa del particolato atmosferico (max. 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) – Fig 4.32;
- 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).

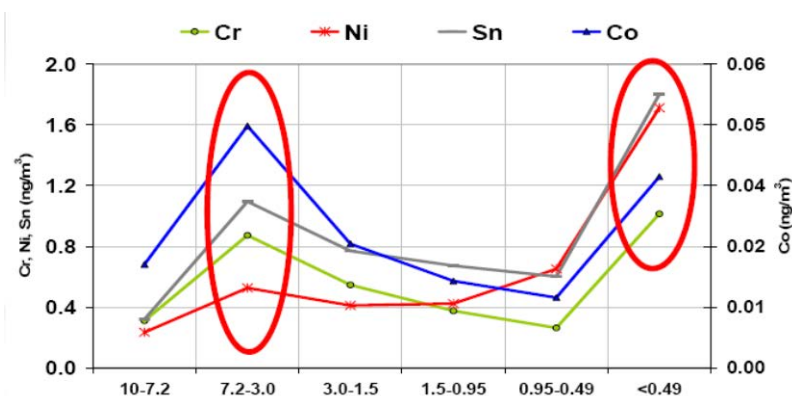


Figura 4.32 (a)-
Concentrazione di metalli
nelle varie frazioni
dimensionali di aerosol (in
ascissa)
Progetto ARPA-
EMR/UNIBO (Polvere II) –
Periodo 2004-2005 -
Bologna

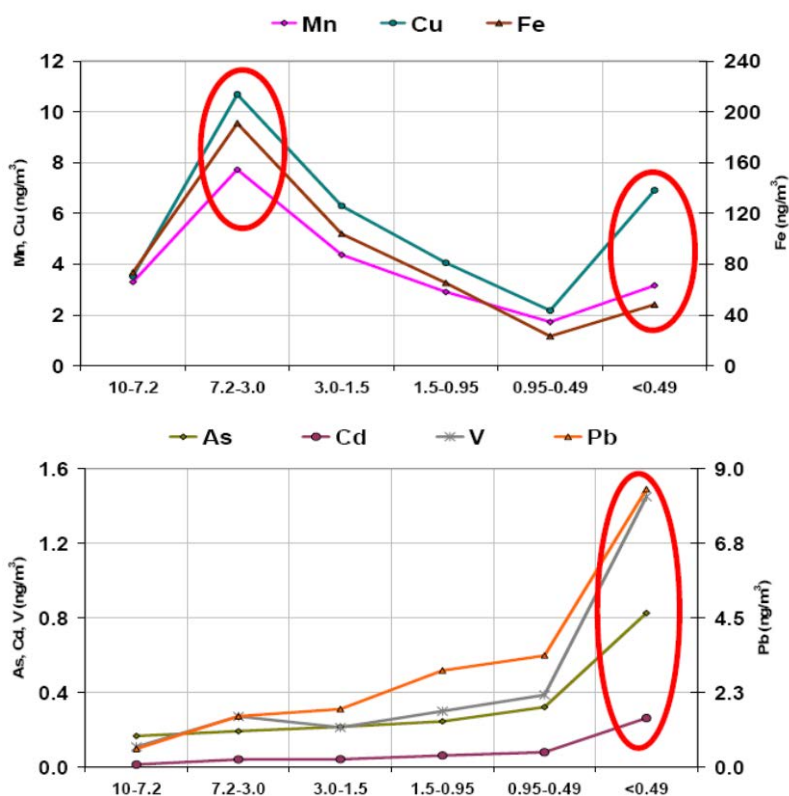


Figura 4.32 (b)-
Concentrazione di metalli
nelle varie frazioni
dimensionali di aerosol (in
ascissa)
Progetto ARPA-
EMR/UNIBO (PolveRE II) –
Periodo 2004-2005 -
Bologna

Inquinante	ISS 1999-2000 ⁽¹⁾	ISS 2003 ⁽²⁾	ISS 2004 ⁽³⁾	Range italiano	Range europeo	Valore obiettivo
Piombo	68	21	10,1	6,3 - 210	10 -100	500
Cadmio	0,62	0,51	0,34	0,2 - 4	0,2 - 2,5	5
Nichel	6,6	6,2	4,8	3,3 - 35	1,4 -13	20
Arsenico	--	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/m³) di piombo, cadmio, nichel, arsenico nichel – Anni 2000 - 2004

La concentrazione media annuale dei metalli rilevati in provincia di Ravenna sul particolato PM10 e PM2,5 nel 2015 è riportata nei grafici di figura 4.33.

Per il cadmio le concentrazioni annuali maggiori sono state rilevate a Zalamella.

Per il cromo le concentrazioni annuali maggiori si sono registrate a Delta Cervia, a seguire le stazioni di Rocca Brancaleone e Zalamella. I valori medi annui di Nichel sono simili in tutte le stazioni con un valore massimo registrato sul PM10 della stazione industriale del Porto (1,9 ng/m³) e un minimo di 1,0 ng/m³ sul PM10 di Carole. In Figura 4.34 dove sono riportate le medie mensili, si può osservare che i contributi maggiori per il cromo nella stazione di Delta Cervia si sono avuti nei mesi di maggio, giugno, luglio. Per il nichel la concentrazione mensile più alta si è registrata a Porto San Vitale nel mese di gennaio e a Zalamella nel mese di ottobre. Per il vanadio il valore maggiore viene registrato nella stazione locale/industriale (Porto San Vitale), probabilmente riconducibile al traffico veicolare di mezzi pesanti e al traffico navale. In tutte le stazioni le

concentrazioni di argento sono inferiori al limite di rilevabilità analitico. Le concentrazioni di cadmio sono significativamente superiori nell'area urbana di Ravenna (Zalamella, Rocca, Caorle). Arsenico e Piombo sono ubiquitari, con concentrazioni medie annuali leggermente superiori stazione locale/industriale di Porto San Vitale.

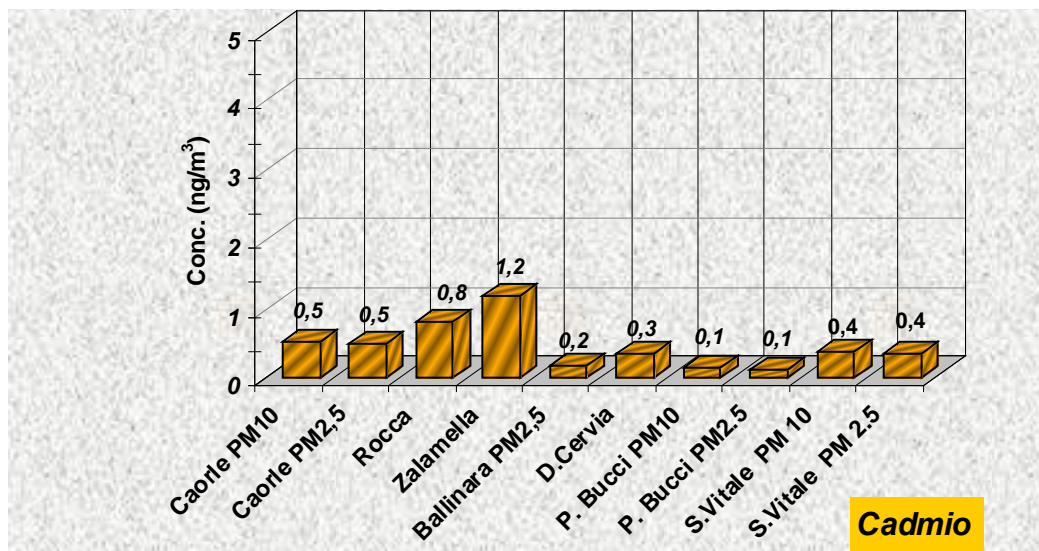
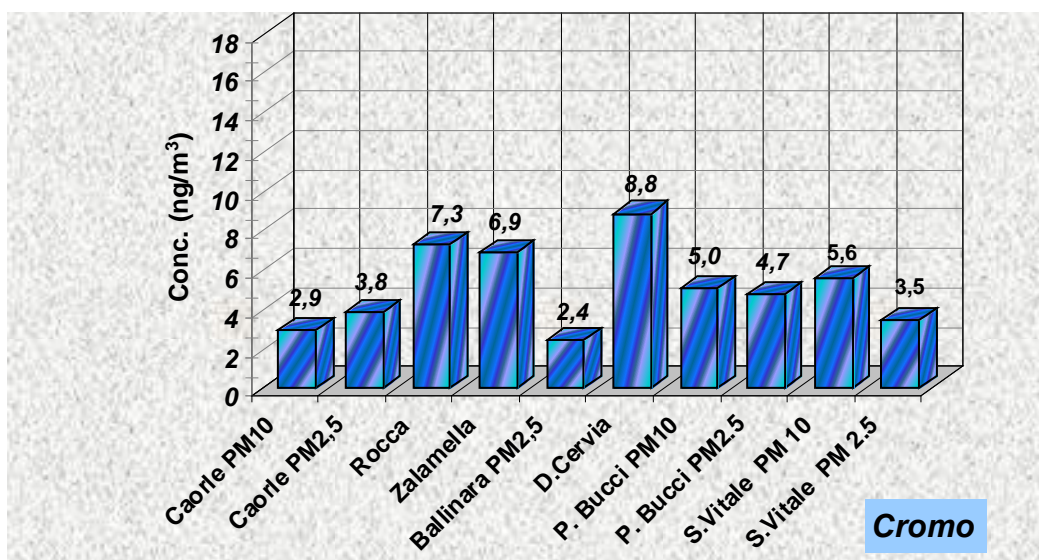


Figura 4.33(a)
Metalli:
concentrazione
media annuale
sul particolato
PM 10 e PM2,5



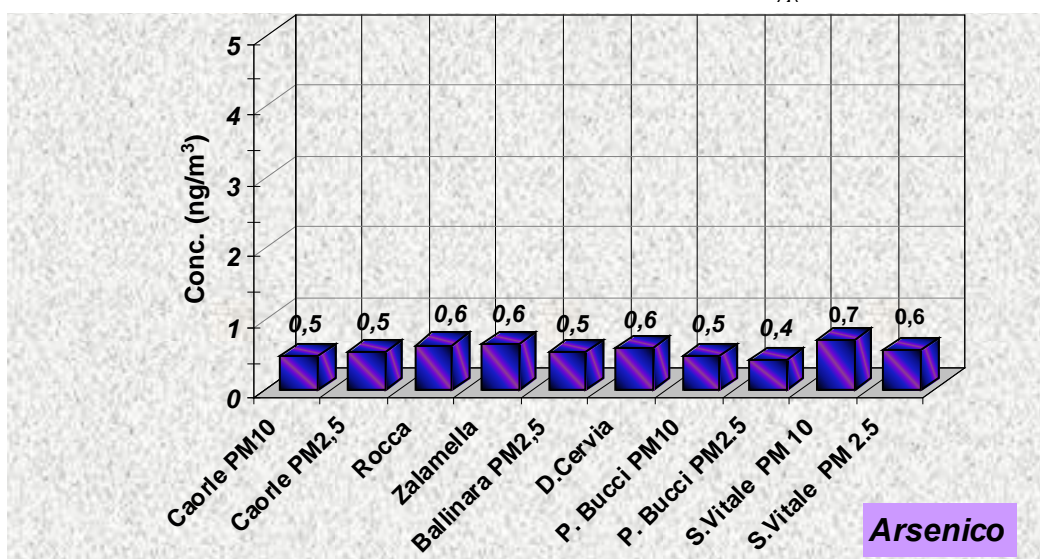
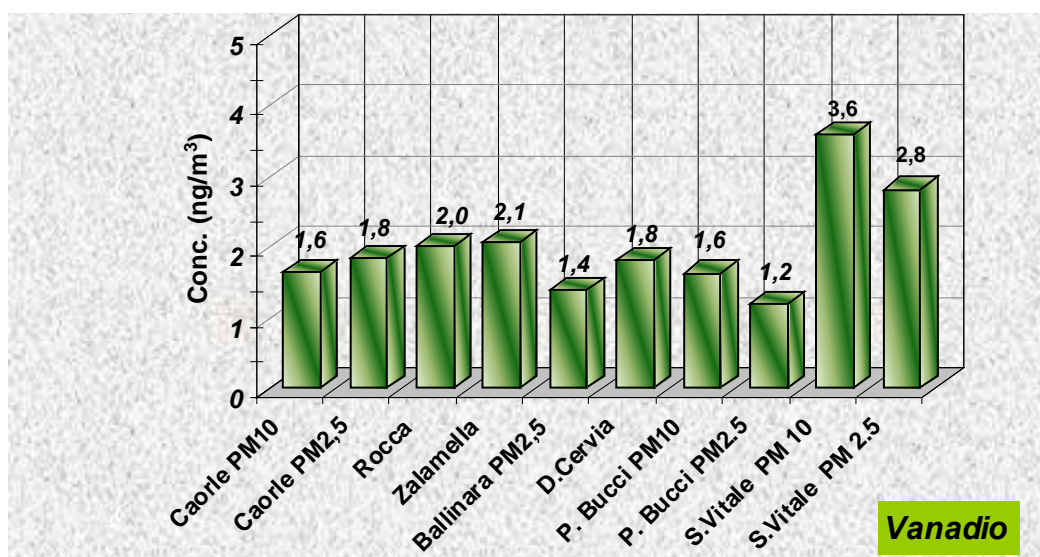
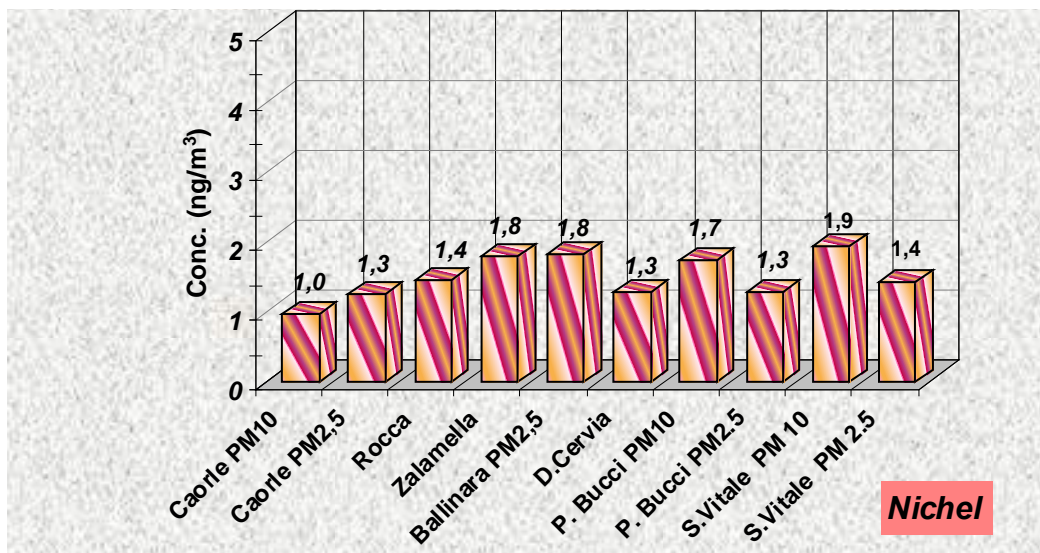
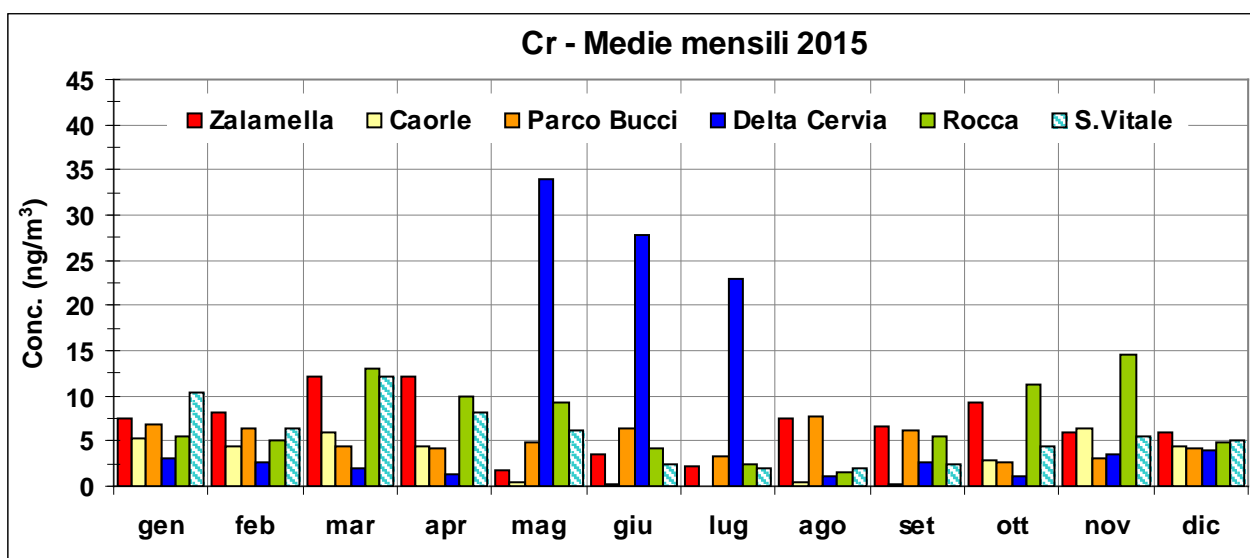
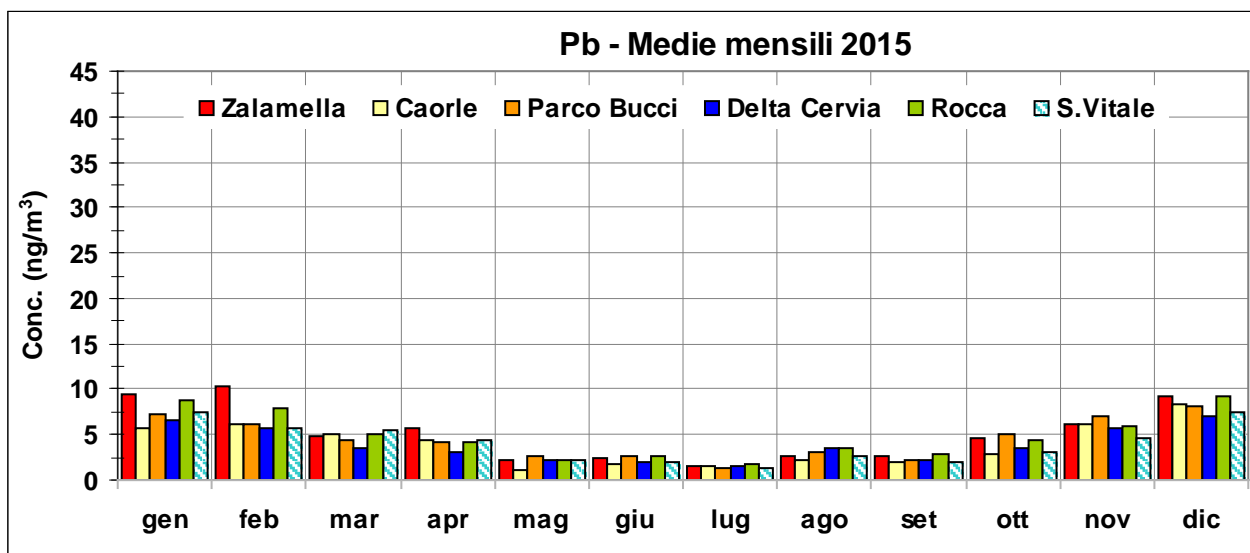
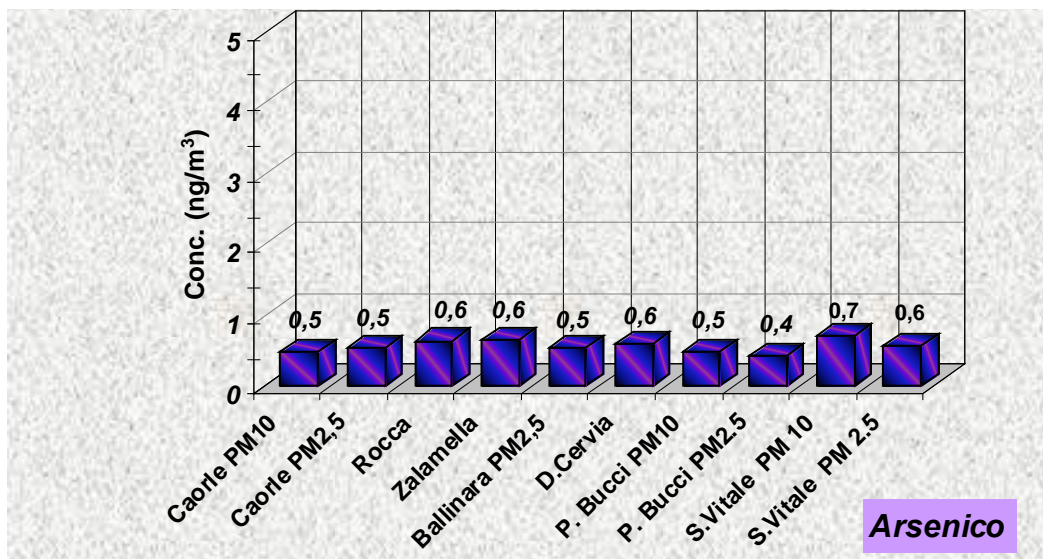


Figura 4.33 (b)
Metalli:
concentrazione
media annuale
sul particolato
PM 10 e PM2,5



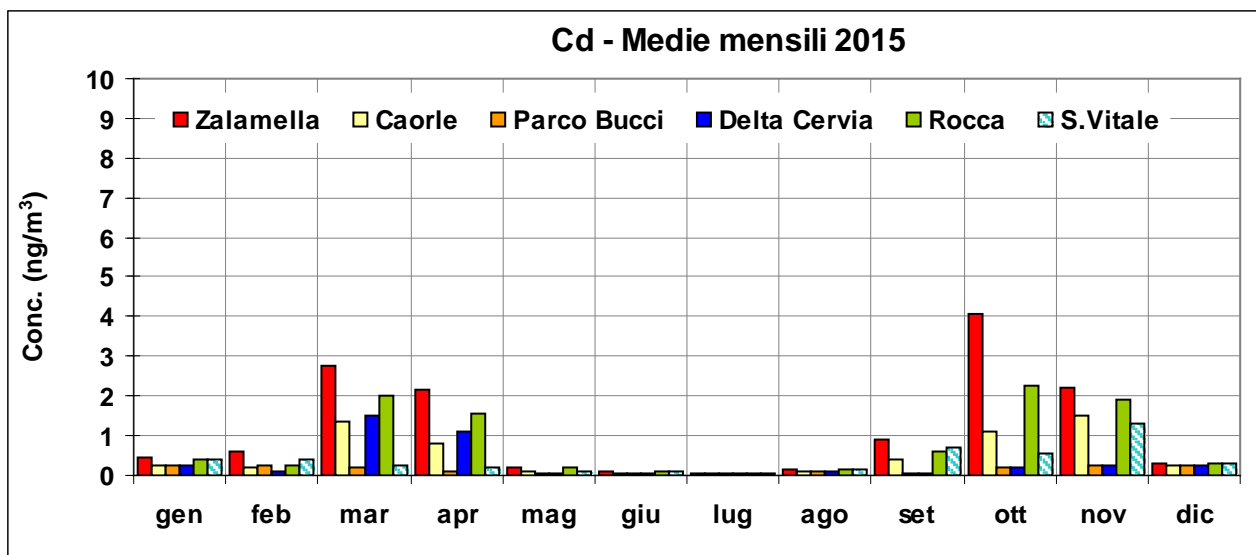
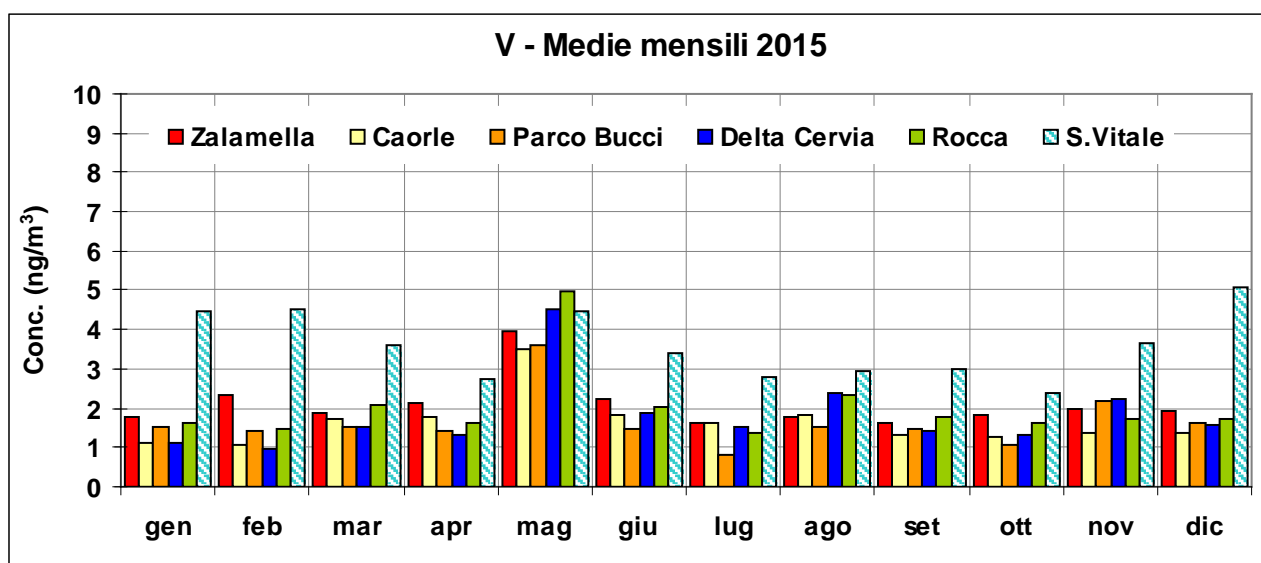
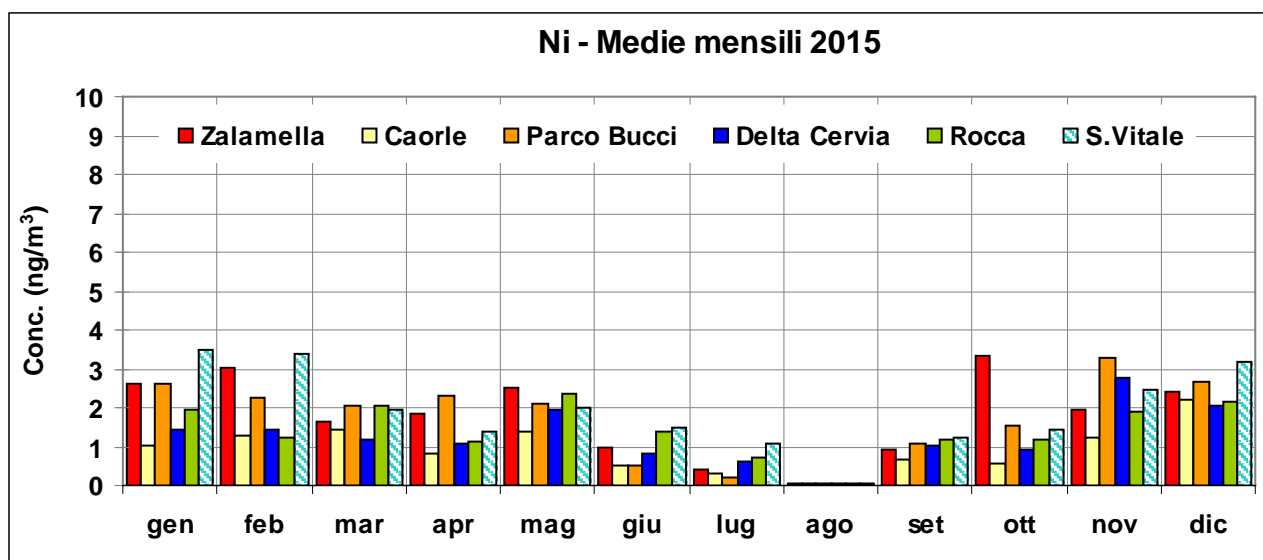


Figura 4.34 (a) – Medie mensili di piombo, cromo e cadmio nel particolato PM10 – Anno 2015



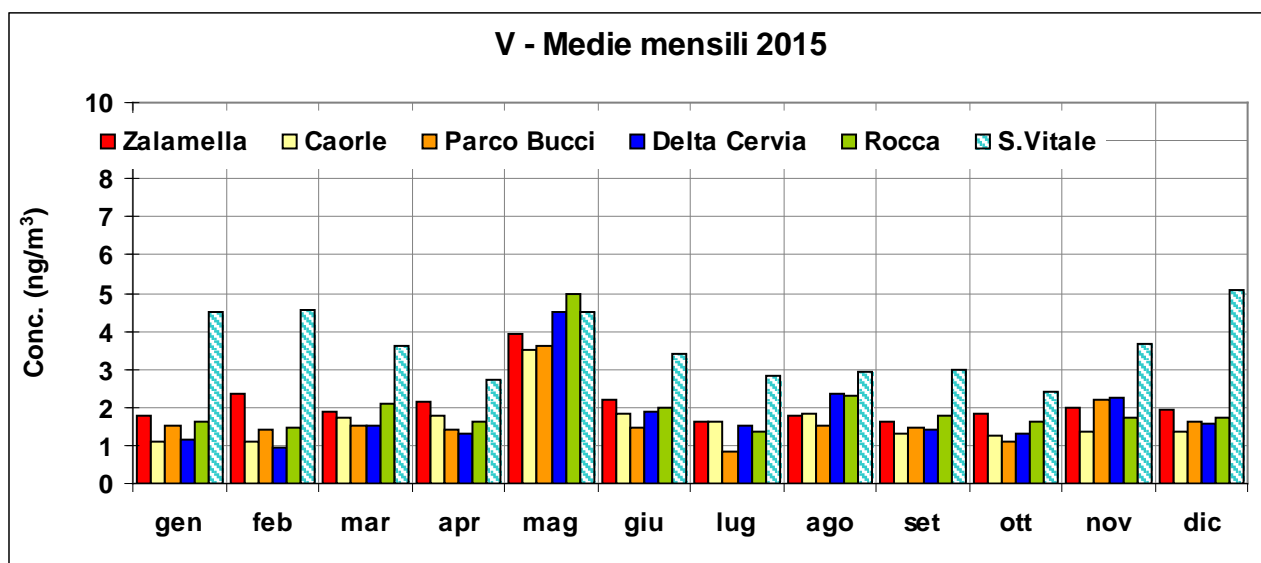


Figura 4.34 (b)– Medie mensili di nichel, vanadio e arsenico nel particolato PM10 – Anno 2015

Le concentrazioni misurate nella RRQA di Ravenna (comprese le 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 per nichel, arsenico, e piombo. Anche i valori di Vanadio risultano in linea con quelli in bibliografia, con l'unica eccezione del valore massimo (più elevato) misurato nella stazione Locale industriale di Porto San Vitale. Valori significativi di cromo sono riscontrati nelle stazioni Zalamella, Rocca Brancaleone e Delta Cervia. Alle concentrazioni medie annuali di cadmio contribuiscono significativamente quelle rilevate nei mesi di marzo, aprile, ottobre e novembre nell'area urbana di Ravenna (Caorle, Zalamella e Rocca Brancaleone) e Porto San Vitale e quelle di Delta Cervia nei mesi di maggio, giugno e luglio (Fig. 4.34).

<i>Metallo</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>V</i>	<i>Pb</i>
Concentrazione (ng/m ³) ISS 2004	-	4,8	1,7	0,34	-	10
Concentrazione (ng/m ³) Bologna PM 10	3,1	4,0	1,4	0,61	1,5	18
Concentrazione (ng/m ³) Ravenna 2015	Min 2,9	Min 1,0	Min 0,5	Min 0,1	Min 1,6	Min 4,0
	Max 8,8	Max 1,9	Max 0,7	Max 1,2	Max 3,6	Max 5,0

Tabella 4.23 Confronto concentrazioni medie annuali in ng/m³ di alcuni metalli rilevate a Bologna (2004-2005), a Ravenna (2015) e dati ISS 2004

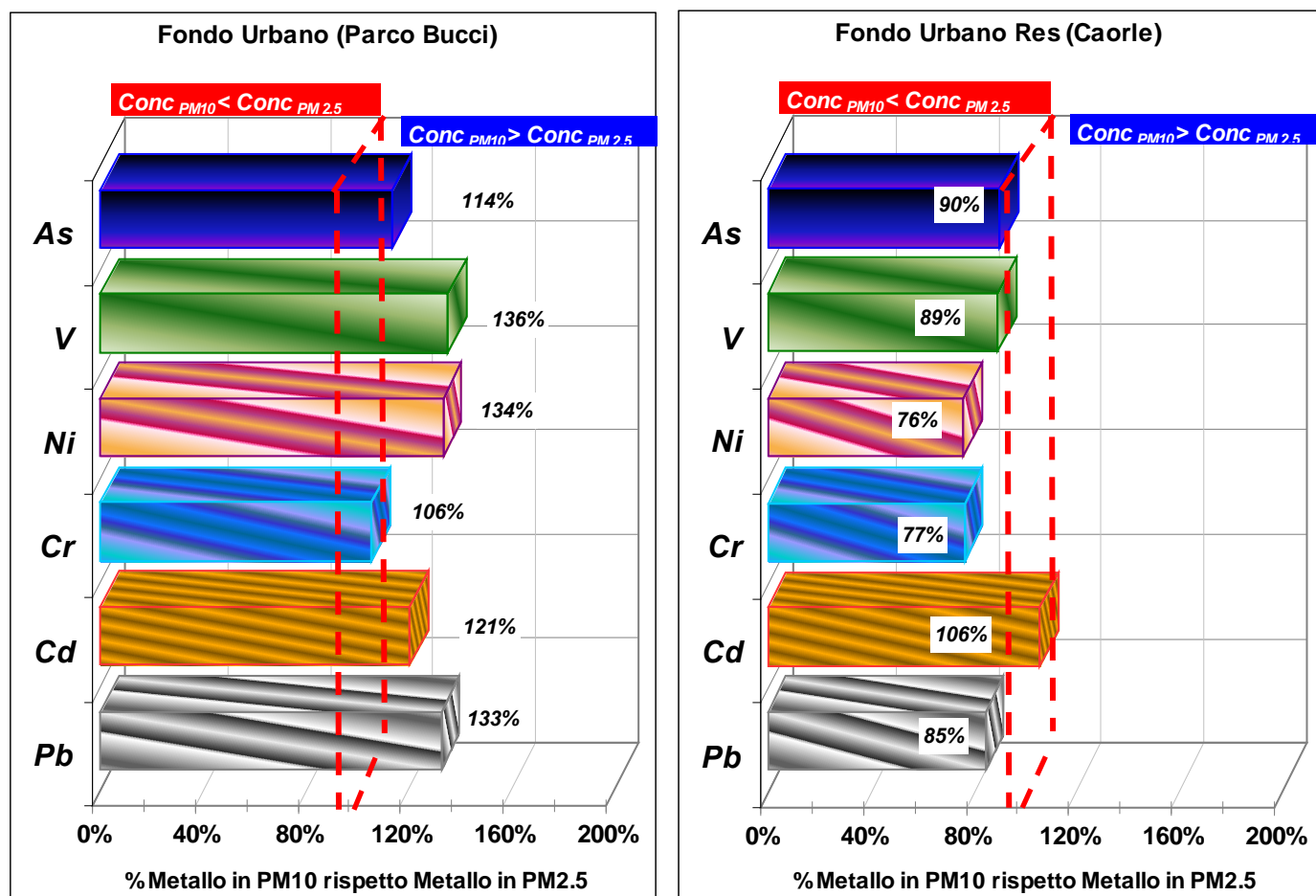
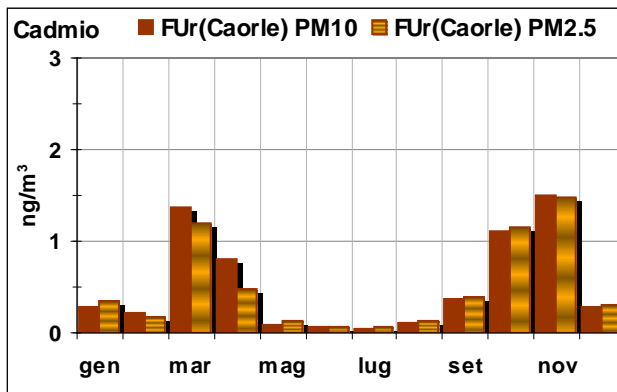
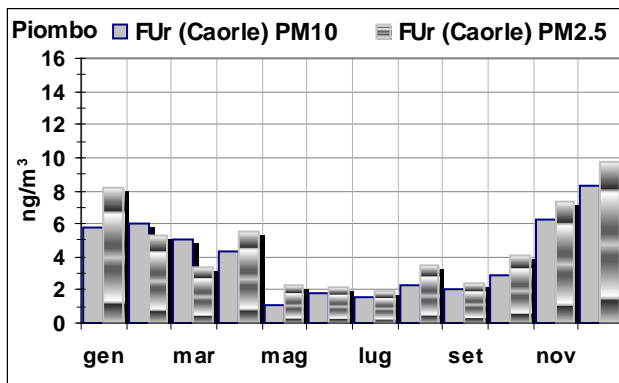
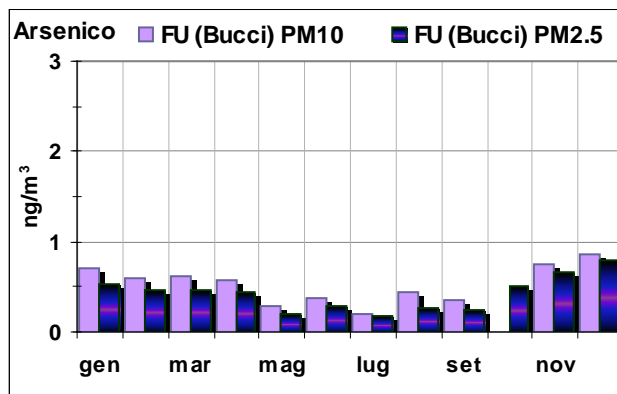
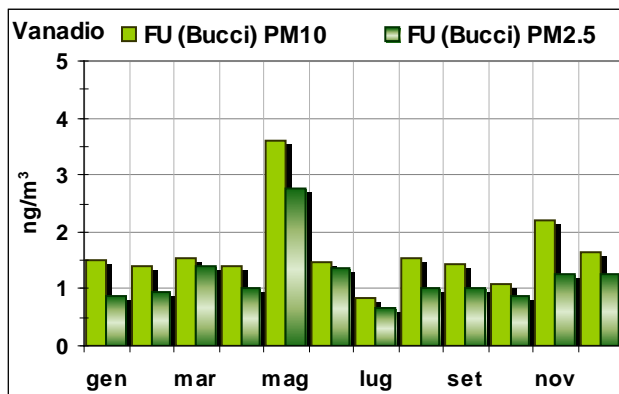
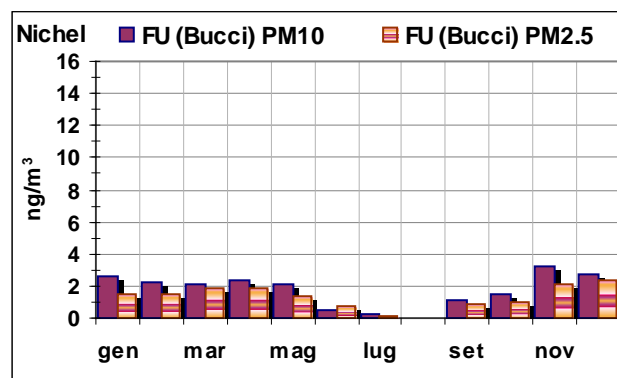
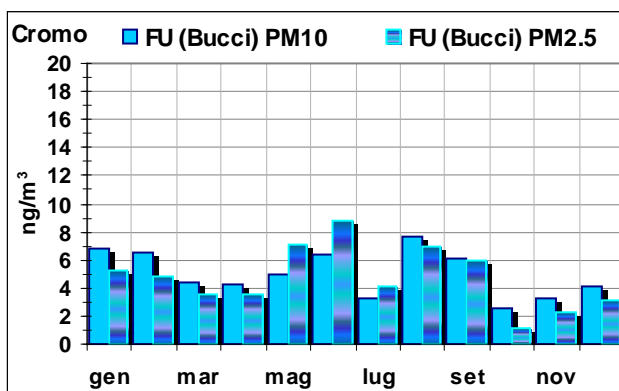
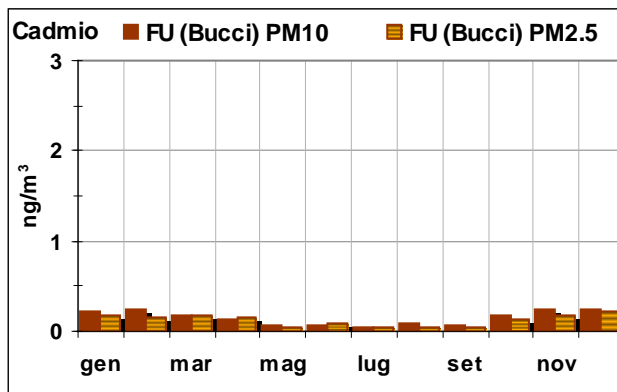
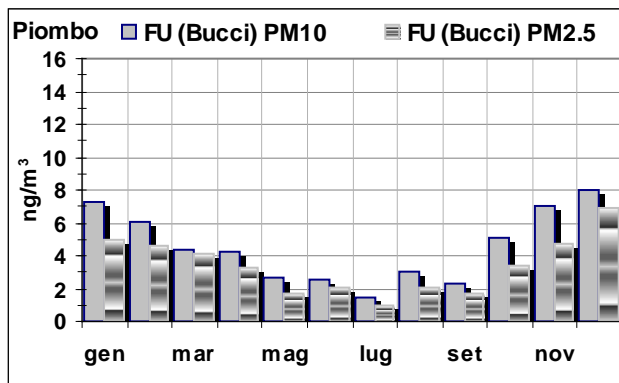
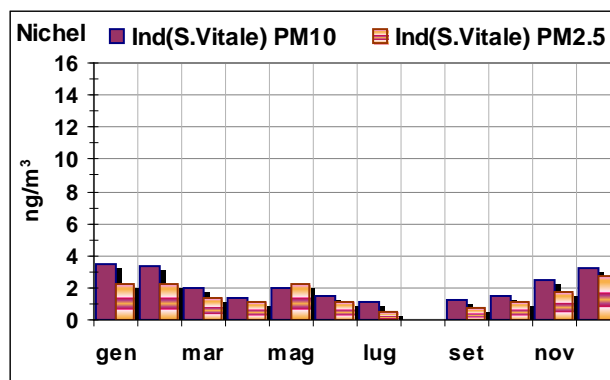
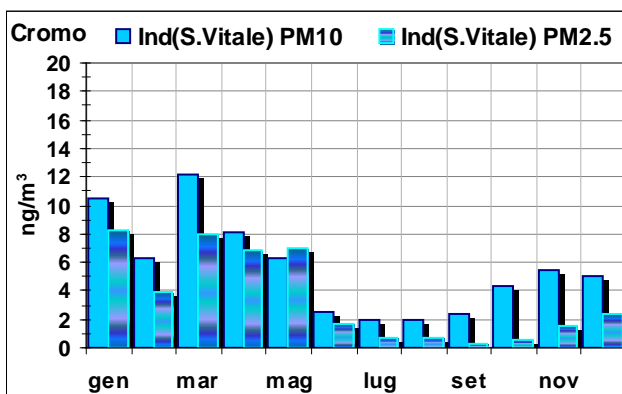
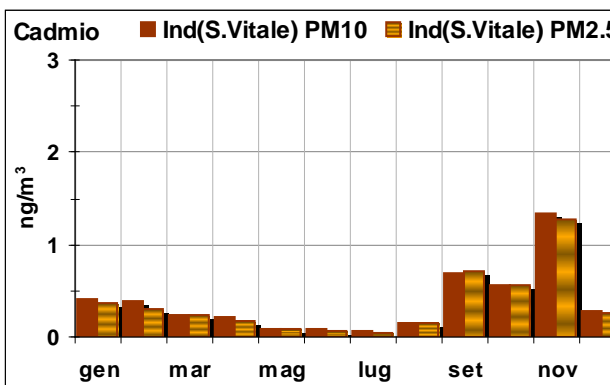
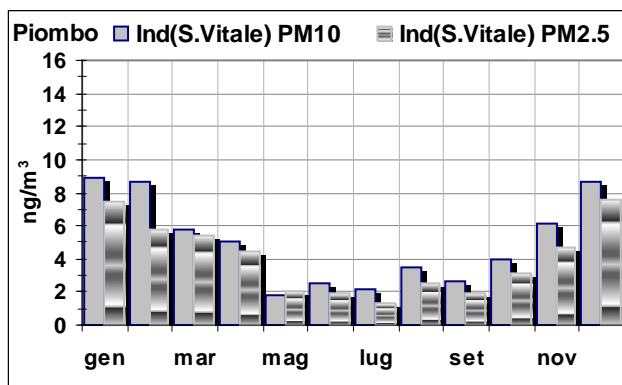
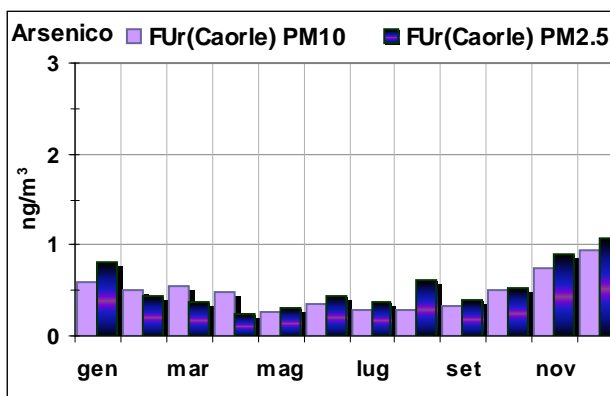
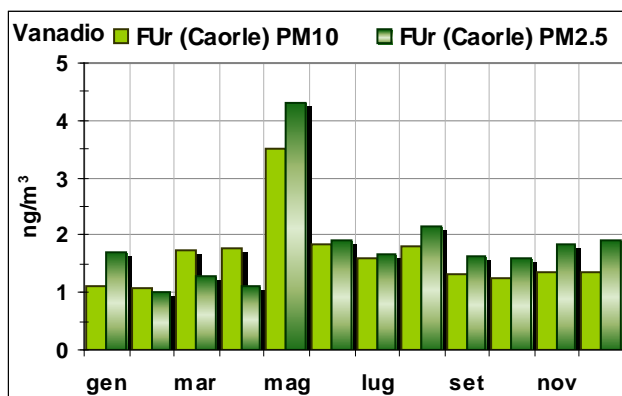
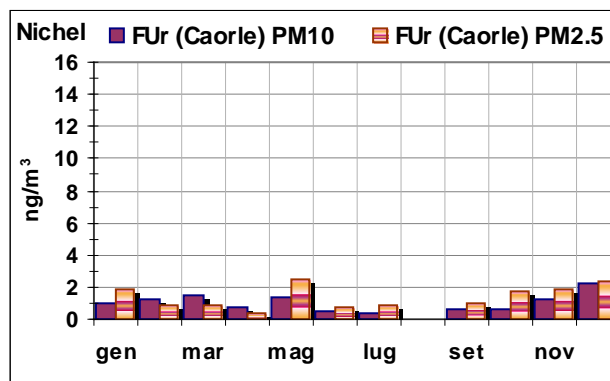
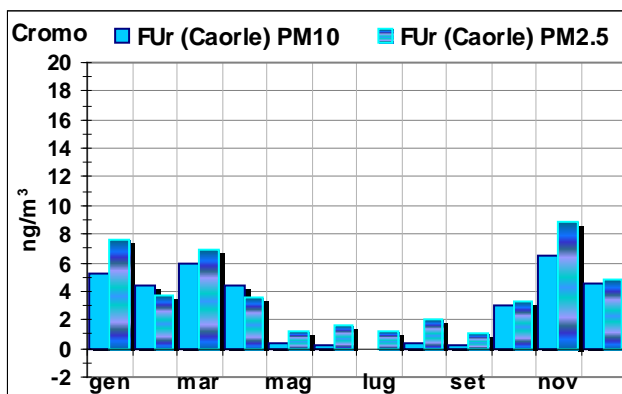


Figura 4.35 – Rapporto % della media annuale di metalli raccolti su PM2.5/PM10 – Fondo Urbano - Anno 2015

La Figura 4.35 riporta la percentuale di metallo determinato nella frazione PM10 rispetto a quello determinato nel PM2.5 (media annuale) sulle due diverse frazioni granulometriche misurate contestualmente nelle stazioni di fondo urbano (Parco Bucci e Caorle). Per la stazione di Parco Bucci tutti i metalli – seppur con percentuali diverse – risultano distribuiti maggiormente nella frazione con granulometrica maggiore di 2.5 μm (% > di 100). Per la Stazione di Fondo urbano il comportamento è esattamente all'opposto ovvero le maggiori concentrazioni di metalli si hanno nella frazione PM2.5 (% < di 100) ad eccezione del Cadmio che risulta maggiormente concentrato nel PM10, come nella stazione di Parco Bucci. Non sono riportati i dati relativi all'argento in quanto nel 2015 è risultato sempre al di sotto del limite di rilevabilità della metodica analitica utilizzata.

La figura 4.36 riporta gli istogrammi delle concentrazioni medie mensili di particolato PM10 e PM2.5 rilevate nelle stazioni di Parco Bucci (Fondo Urbano) Carole (Fondo Urbano Residenziale) e Porto San Vitale (Stazione Locale Industriale).





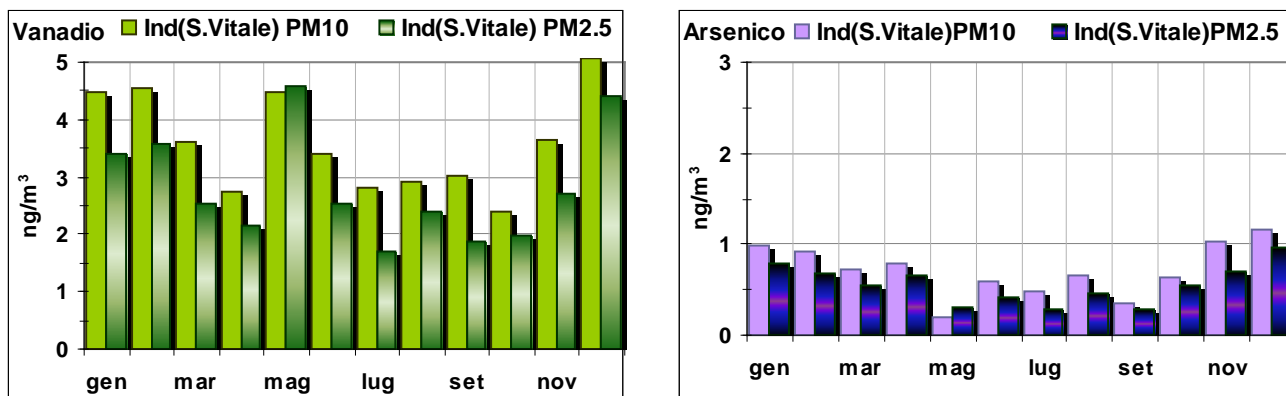


Figura 4.36 – Medie mensili di alcuni metalli nel particolato PM10 e PM2.5 – Anno 2015

Seguono i grafici (Fig.4.37) delle concentrazioni medie annuali dal 2012 al 2015.

Il cadmio presenta, nel 2015, concentrazioni medie annuali inferiori agli anni precedenti, ad esclusione di Carole e Zalamella dove i valori sono leggermente superiori al 2014 ma comunque nettamente inferiori agli anni precedenti.

Le concentrazioni di nichel del 2015 sono inferiori agli anni precedenti in tutte le stazioni con il valore massimo registrato nella stazione industriale di Porto San Vitale pari a 1,9 ng/m, dieci volte inferiore al valore obiettivo del Dlvo 155/2010, pari a 20 ng/m³.

Il vanadio nel 2015 ha fatto registrare le concentrazioni superiori all'anno precedente e in linea con quelle del 2012 per tutte le stazioni ad esclusione della stazione Porto San Vitale dove i valori sono inferiori a quelli registrati sempre nella stazione industriale del porto che fino al 2013 era Sapir.

Il Cromo è diminuito rispetto alle concentrazioni del 2014 in tutte le stazioni ad esclusione delle stazioni di Delta Cervia (Fondo sub-urbano) e della stazione locale industriale di Porto San Vitale che dal 2014 sostituisce la stazione di SAPIR.

Vanadio e cromo, per i quali non sono stati fissati dalla normativa valori obiettivo, possono essere confrontati con i dati indicati dall'OMS: per il vanadio le concentrazioni risultano in linea con quelle riportate come tipiche di grandi aree urbane, ad esclusione della stazione industriale del porto che presenta valori maggiori.

La concentrazione media annuale di piombo evidenzia un trend in diminuzione e il dato del 2015 è analogo a quello del 2014 in tutte le postazioni.

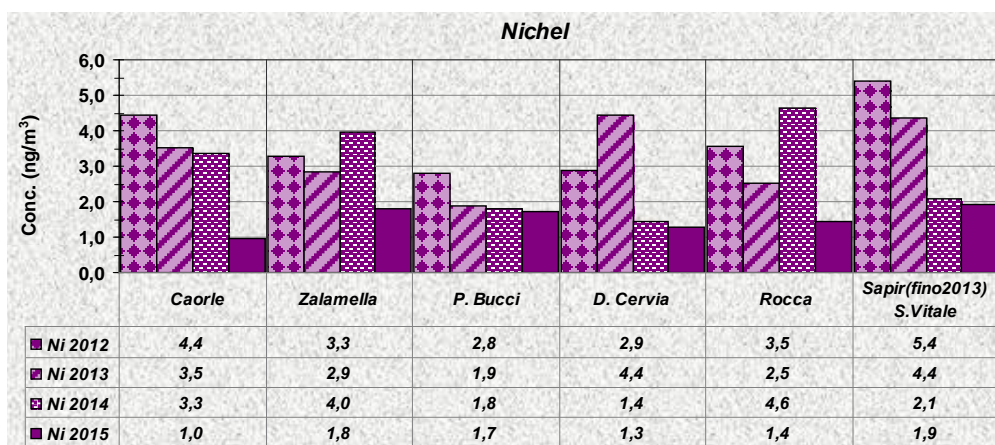
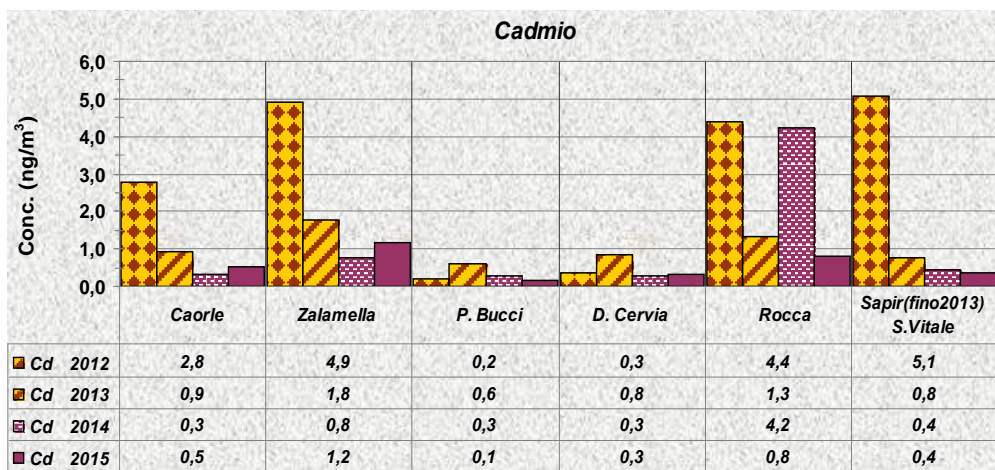
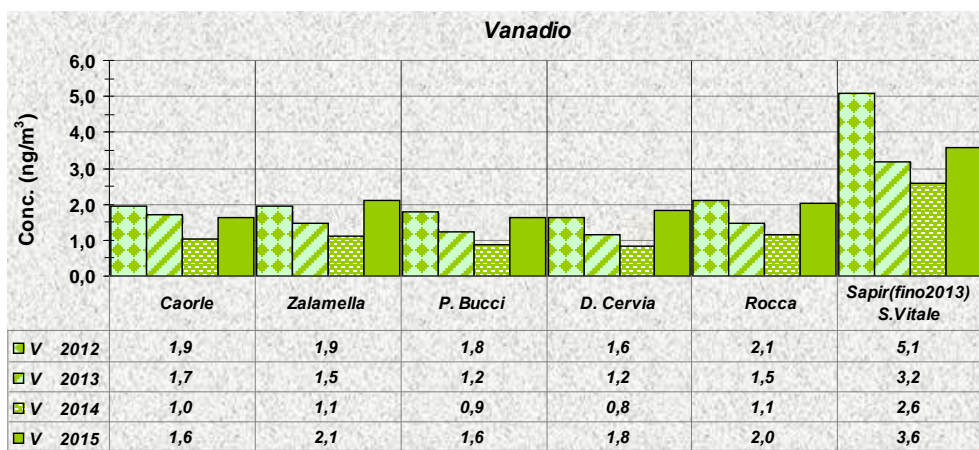


Figura 4.37 (a) –
Andamento medie
annuali di alcuni
metalli nel
particolato PM10 –

Anni 2012 ÷ 2015



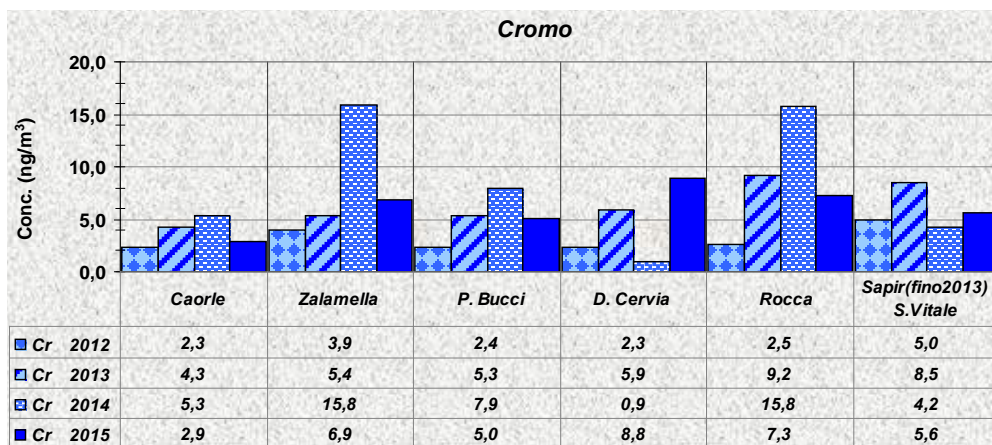
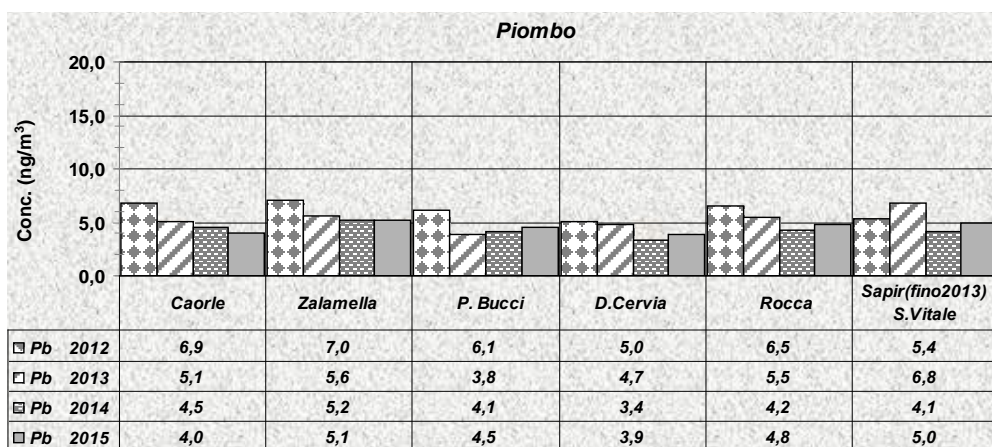


Figura 4.37 (b) –
Andamento medie
annuali di alcuni
metalli nel
particolato PM10

Anni 2012 ÷ 2015



4.9.3 Diossine, Furani e Policlorobifenili

Policlorobifenili (PCB), diossine (PCDD) e Furani (PCDF) 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 POPOs, come i PCB, sono prodotti artificialmente, 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 gli altri POPs sono stati vietati o sottoposti a restrizioni d'uso in molti paesi, tra cui l'Italia.

Il termine **diossine** 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.

Generalmente le diossine vengono rilevate nelle diverse matrici ambientali come miscele complesse dei diverse congeneri. Inoltre non tutti i congeneri sono tossici o 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; i TEF esprimono perciò 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 TEQ. In particolare 12 PCB hanno proprietà tossicologiche molto simili a quelle delle diossine e per questo motivo vengono chiamati PCB-DL (Dioxin Like). Anche 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 ha riportato per la concentrazione in aria (parere del 12/02/1988) un limite massimo per PCDD e PCDF di 40 fg/m³ in unità I-TEQ (espresso in tossicità equivalente utilizzando i Fattori di Tossicità NATO del 1988, I-TEF).

Scarse sono anche le campagne di monitoraggio ed estremamente frammentari i dati al riguardo: un documento EPA che riporta i valori di fondo di PCDD e PCDF rilevati in diverse località del Nord America e un documento dell'Istituto Superiore di Sanità con concentrazioni in aria ambiente di PCB totali.

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato indicatore</i>
Concentrazione in aria di PCDD, PCDF e PCB	2014-2015	☹️

Valutazione in sintesi

Nel 2015 le concentrazioni medie dei composti ricercati risultano inferiori ai valori limite consigliati dalla Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale e ai valori di fondo riportati in letteratura. Quindi non si riscontrano criticità – anzi in molti casi le concentrazioni sono inferiori al limite di quantificazione strumentale (dell'ordine di qualche femtogrammo ($fg = 10^{-15}$ g), cioè di qualche milionesimo di miliardesimo di grammo) – ma, date le caratteristiche di questi composti, la valutazione dell'indicatore non viene comunque classificata positiva.

PCDD, PCDF e PCB-DL Concentrazione di inquinante nella frazione PM10 e PM2,5				Medie annuali indice I-TE			
<i>Stazione industriale</i>	<i>Frazione granulometrica</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza%</i>	<i>PCDD</i> <i>Lim. Quantif.</i> <i>2 fg/m³</i>	<i>PCDF</i> <i>Lim. Quantif.</i> <i>1 fg/m³</i>	<i>PCB-DL</i> <i>Lim. Quantif.</i> <i>3 fg/m³</i>	<i>TOTALE</i> <i>fg/ m³</i>
Germani	PM10	Industriale	100%	2	8	< 3	10
	PM2,5	Industriale	100%	3	7	< 3	10
Marani	PM10	Industriale	100%	2	8	< 3	10
Agip29	PM10	Industriale	100%	3	7	< 3	11
	PM2,5	Industriale	100%	3	9	< 3	13

Tabella 4.24 – Diossine (PCDD), Furani (PCDF) e Policlorobifenili (PCB) sul particolato PM10 e PM2,5: parametri statistici

Di seguito si riportano alcuni dati ricavati dalla bibliografia:

→ classificazione International TEF (I-TEF) e WHO (WHO-TEF) - tabella 4.25.

PCDD e PCDF (Diossine e Furani)	I-TEF (NATO/CCMS, 1988)	WHO-TEF (Vanderberg et al., 1998)
2,3,7,8 T4CDD <i>2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina</i>	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
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 da 0,5 (metà) a 0.0001 (diecimila volte) meno tossici della 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina

→ TEF di alcuni PCB (in riferimento alla diossina 2,3,7,8-TCDD) utilizzati per il calcolo della loro "tossicità equivalente" (tabella 4.26) e per la valutazione della tossicità "cumulativa" con diossine e furani:

PCB	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 relativi a PCB-DL

→ valori di fondo di PCDD e PCDF rilevati in diverse località del Nord America, rappresentativi di zone lontane da potenziali sorgenti emissive (riportati in un documento Apat, 2006) e concentrazioni in aria ambiente di PCB totali riportati dall'Istituto Superiore di Sanità (Tabella 4.27):

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

Tabella 4.27 – Concentrazioni di fondo di PCDD/PCDF e di PCB totali

In figura 4.38 sono rappresentate le concentrazioni medie annuali di diossine e furani adsorbite sul particolato (PM10 e PM2,5) raccolto in corrispondenza di tre stazioni di monitoraggio della rete industriale (Marani, Agip29 e Germani). Tali concentrazioni sono espresse in femtogrammo/m³ (1 femtogrammo = 10⁻¹⁵ g = 0,000 000 000 000 001 g = 1 milionesimo di miliardesimo di grammo)

L'altezza di ogni barra corrisponde alla somma delle concentrazioni medie dei diversi cogeneri ricercati (riportati in legenda) in una determinata postazione e per un determinato taglio granulometrico (PM 10 o PM 2.5), mentre l'altezza di ogni segmento colorato all'interno della barra è proporzionale alla concentrazione di quel cogenere. Non si è tenuto conto del «fattore di tossicità equivalente».

Per quanto riguarda le diossine non si rilevano particolari differenze (anche tenendo conto della variabilità campionaria, indicata dalla lunghezza del segmento) né fra le diverse stazioni né fra le due frazioni granulometriche.

Le concentrazioni medie annuali calcolate sommando le concentrazioni dei composti considerati, senza tener conto della loro tossicità, variano da circa 100 a 120 fg/m³, inferiori a quelle riportate in letteratura (anche a quelle "diminuite" per tener conto della diversa tossicità dei composti considerati). Si osserva una predominanza di due congeneri: OCDD e 1,2,3,4,6,7,8H7CDD, aventi rispettivamente un TEF di 0.001 e 0.01.

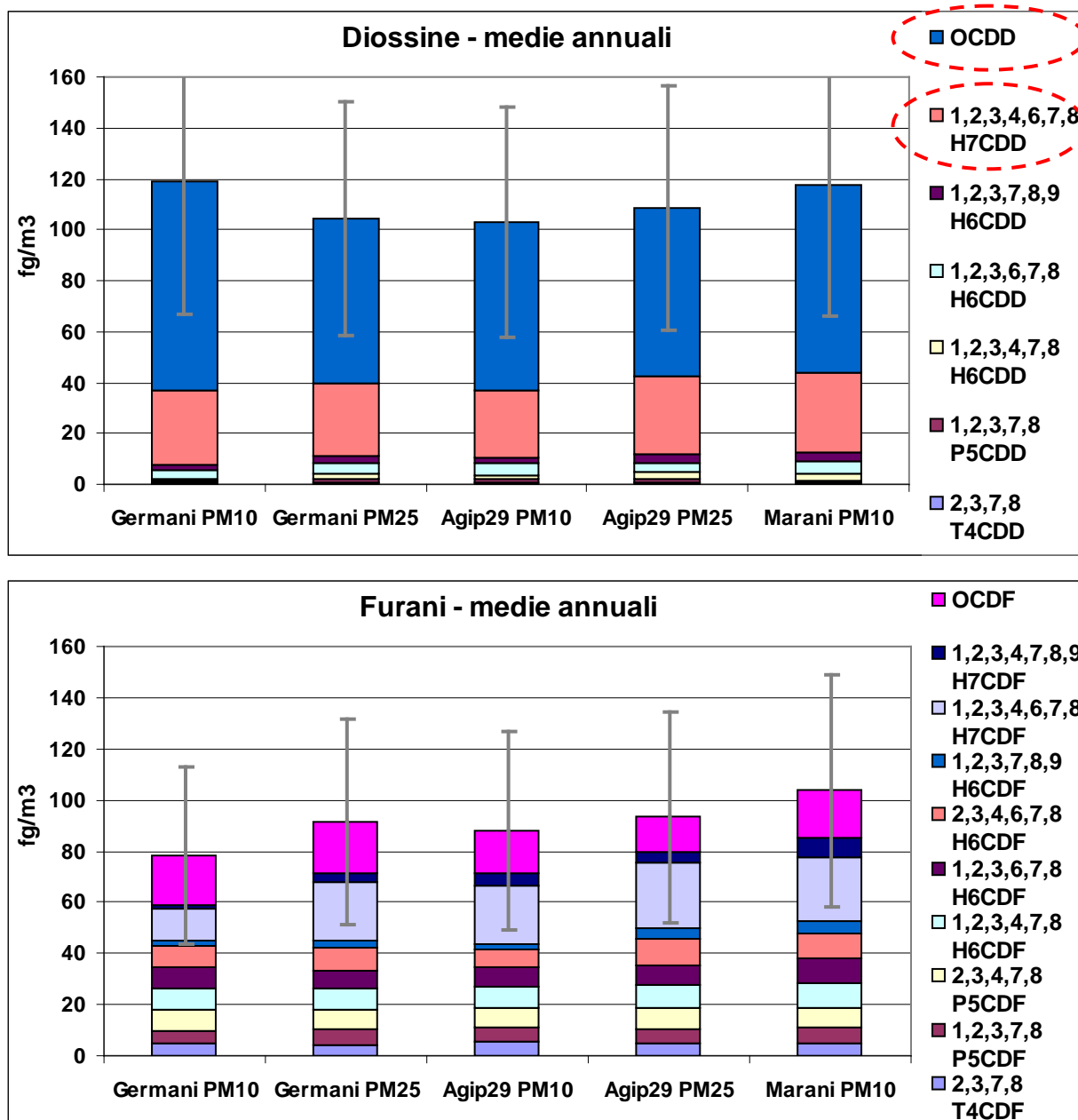


Figura 4.38– PCDD e PCDF - medie annuali 2015

La figura 4.39 indica, invece, le concentrazioni medie annuali di PCB (espresse in picogrammo/m³, 1 picogrammo = 10⁻¹² g = 0,000 000 000 001 = 1 milionesimo di milionesimo di grammo)

Le concentrazioni rilevate sono molto basse. Non si rilevano particolari differenze, anche se le concentrazioni sembrano leggermente più elevate nel particolato PM2.5 e nella postazione Germani. I congeneri più presenti sono PCB 167, PCB 105 e PCB 118 che risultano piuttosto uniformemente distribuiti nelle 3 postazioni.

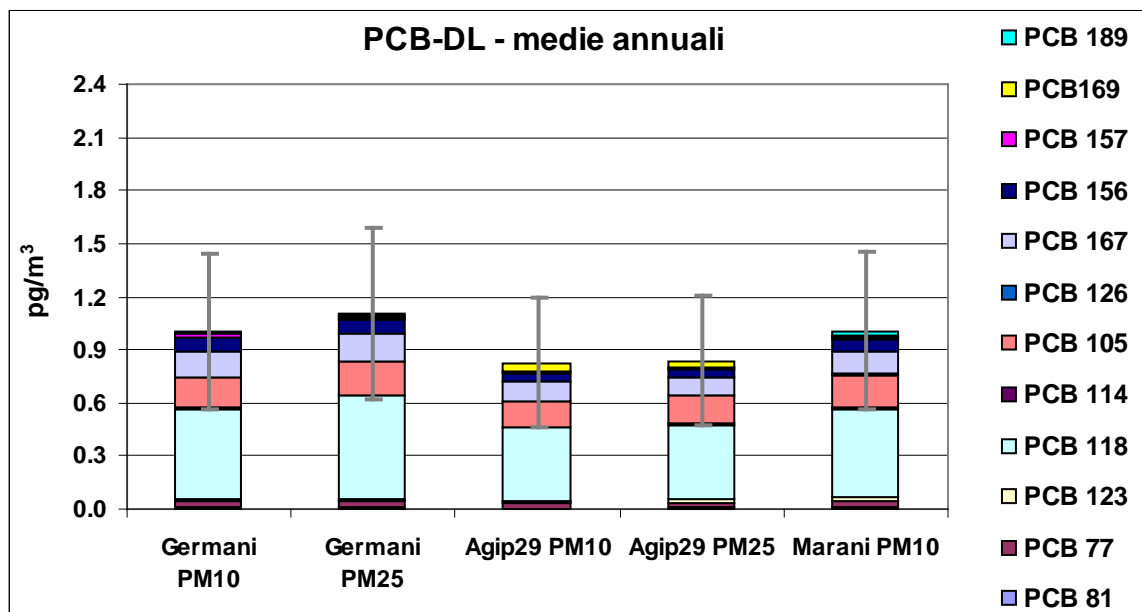


Figura 4.39 – PCB-DL - medie annuali 2015

Infine si riportano le medie mensili delle concentrazioni totali di PCDD, PCDF e PCB espresse in termini di tossicità equivalente nelle diverse postazioni.

Rispetto allo scorso anno le concentrazioni sono più basse. Nel 2015 l'andamento mensile presenta valori maggiori, in tutte le postazioni, nei mesi invernali da novembre a marzo, mentre in estate le concentrazioni che tendono ad essere inferiori al limite di quantificazione strumentale

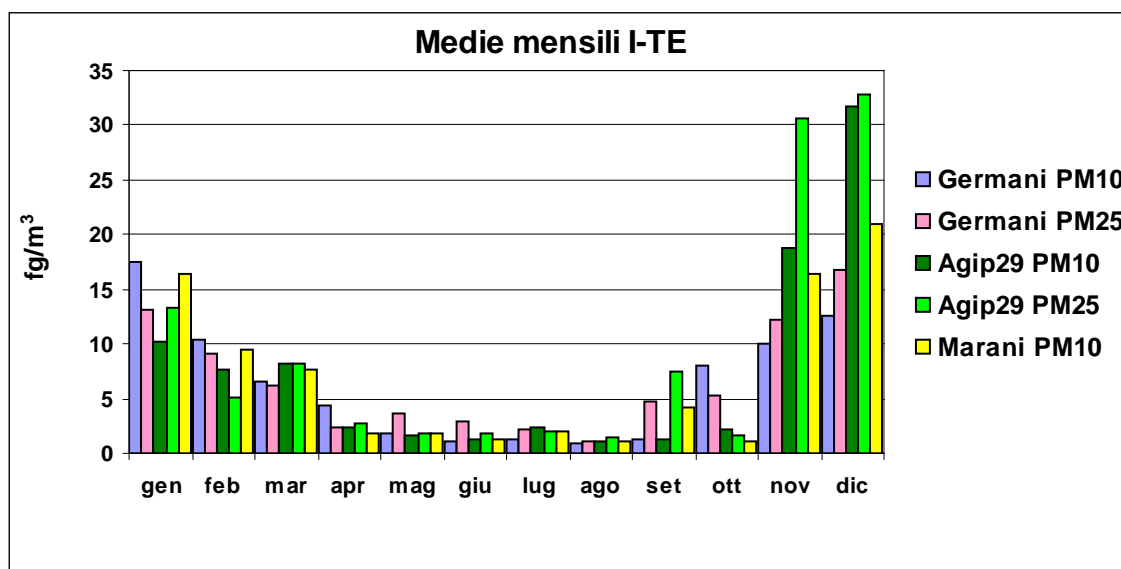


Figura 4.40 – Tossicità equivalente per sommatoria di PCDD, PCDF, PCB - medie mensili 2015

4.10 Indice sintetico di Qualità dell'aria (IQA)






L'inquinamento atmosferico rappresenta un fattore di rischio per la salute umana. Un'informazione chiara e tempestiva è un'importante elemento per la riduzione del rischio alla salute, in quanto permette ai cittadini di adottare comportamenti individuali tali da ridurre in modo significativo l'esposizione agli inquinanti atmosferici.



Con tale fine, in collaborazione con l'assessorato alla sanità della RER, è stato elaborato l'«indice di qualità dell'aria (IQA)» che tenta di dare una rappresentazione sintetica (un solo numero), di facile lettura (attraverso anche l'uso di colori) dello stato complessivo della qualità dell'aria, ovvero del grado di inquinamento atmosferico.

Il calcolo dell'IQA-RER considera il livello di presenza nell'aria (le concentrazioni) di particolato (PM10), biossido di azoto (NO2) e ozono (O3), gli inquinanti che in Regione sono più critici per gli effetti a breve termine. Sono stati invece esclusi il monossido di carbonio e il biossido di zolfo le cui concentrazioni, negli ultimi decenni, hanno subito una drastica diminuzione tanto da essere ormai ampiamente e stabilmente sotto ai limiti di legge.

L'IQA tiene conto – in pratica – di quanto si discosta ciascuno dei 3 inquinanti considerati dai rispettivi limiti di breve periodo (giorno o ora): il valore dell'IQA coincide con il valore del “sottoindice” peggiore.

Un colore arancione, rosso o viola (corrispondente ad un valore dell'indice superiore a 100) indica che almeno uno degli inquinanti supera il limite di legge, il valore dell'indice e la diversa gradazione di colore è funzione dell'entità del superamento

Valori dell'indice	Cromatismi	Qualità dell'aria
< 50		Buona
50-99		Accettabile
100-149		Mediocre
150-199		Scadente
> 200		Pessima

Indicatore				Stato attuale indicatore	Trend
IQA	PM10	Media giornaliera	50 µg/m ³		
	O3	Max media mobile 8 h	120 µg/m ³		
	NO2	Max orario	200 µg/m ³		

Valutazione in sintesi

L'IQA è un indicatore che riassume – in modo intuitivo e semplice - la complessità della valutazione della qualità dell'aria. Tale semplificazione, se da una parte consente una più semplice diffusione dell'informazione, dall'altra tende ad appiattire e generalizzare il peso del singolo inquinante considerato.

In generale si osserva in provincia una decisa predominanza di giornate giudicate accettabili e buone, che nell'insieme comprendono quasi l'85% delle giornate dell'anno.

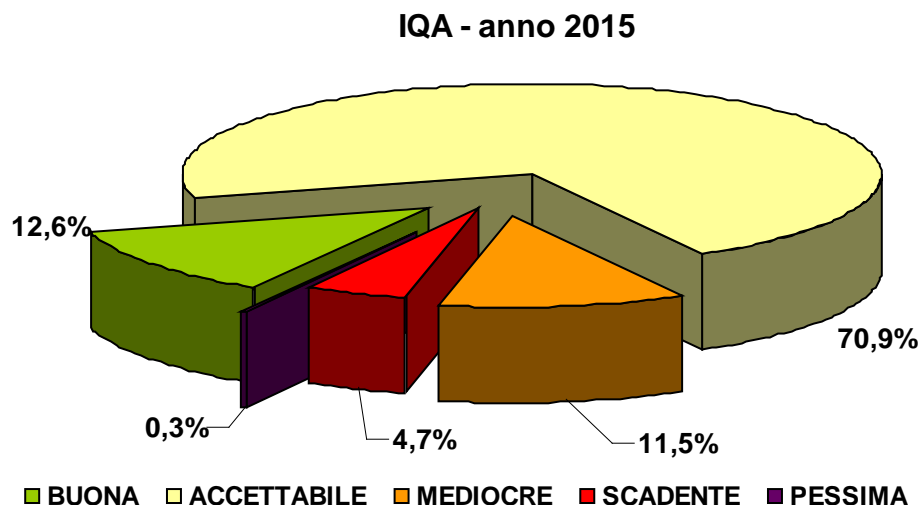


Figura 4.41 – IQA – Anno 2015

L'IQA, e quindi la valutazione della qualità dell'aria nella provincia di Ravenna nel 2015, è "Buona" o "Accettabile" per 304 giorni (84%), "Mediocre" per 42 giorni (12%), "Scadente" per 4 giorni e infine "Pessima" per una sola giornata (figura 4.41).

In Figura 4.42 è riportata la frequenza percentuale delle diverse valutazioni per ogni mese.

In estate (maggio-agosto) la qualità non risulta mai "buona" a causa delle significative concentrazioni di ozono presenti in questo periodo. Nonostante ciò, i giorni valutati "scadenti" o "pessimi" sono concentrati esclusivamente nei mesi invernali, mesi in cui le concentrazioni delle polveri e degli ossidi di azoto sono maggiori. E' questo un limite dell'indicatore che non dà pesi differenziati ai diversi tipi di inquinante considerati.

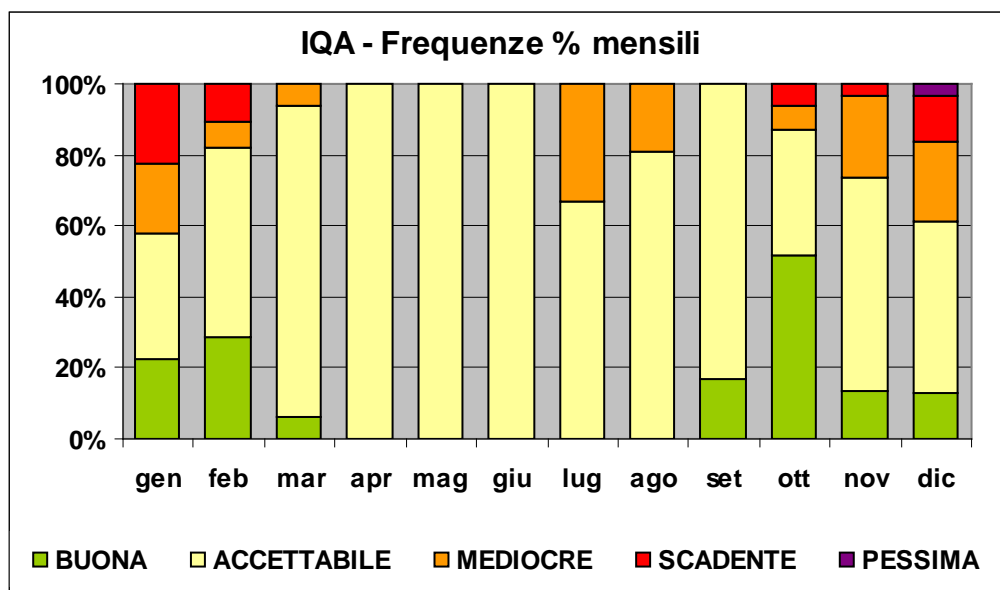


Figura 4.42 – IQA frequenze mensili – Anno 2015

Analizzando la distribuzione % dei valori di IQA degli ultimi 5 anni si rileva un lieve peggioramento rispetto al 2014, dovuto all'incremento delle polveri durante i mesi invernali. Questo ha portato ad avere il massimo numero di giorni con qualità "scadente" negli ultimi cinque anni, anche se i giorni valutati "buoni" mantengono comunque un trend in aumento.

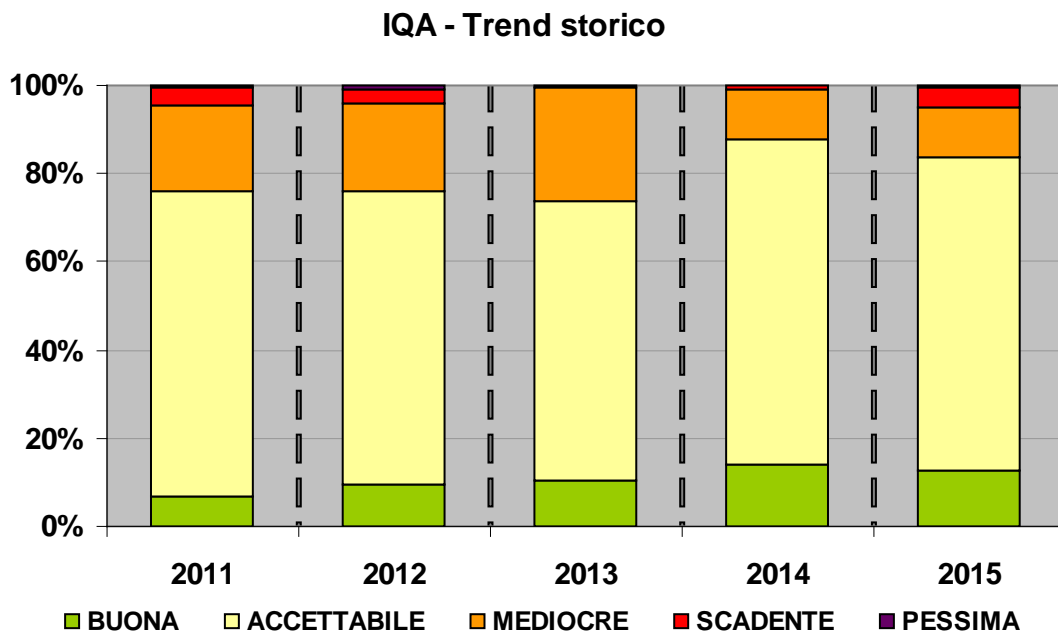


Figura 4.43– IQA Trend Storico

4.11 Deposizioni umide

Le deposizioni umide sono indicatori di stato della qualità dell'aria, poiché la loro composizione chimica viene alterata dalla presenza di inquinanti gassosi e di particolato sospeso nell'aria. Il monitoraggio delle deposizioni valuta, attraverso due indicatori, la quantità totale di sostanze acidificanti e sostanze eutrofizzanti che si depositano al suolo per effetto delle precipitazioni. I due indicatori utilizzati sono deposizioni umide di sostanze acidificanti e deposizioni umide di sostanze eutrofizzanti.

Per sostanze acidificanti si intende quel gruppo di composti in grado di aumentare la concentrazione di ioni H^+ , e quindi di abbassare il pH delle precipitazioni. Tipicamente questi composti sono gli ossidi di zolfo, che in presenza di acqua originano l'acido solforico, e gli ossidi di azoto, che si trasformano in acido nitrico.

Le sostanze eutrofizzanti sono invece sostanze altamente nutritive che introducono nell'ambiente elevati carichi di azoto e fosforo.

Deposizioni umide			Flusso di deposizione umida in eq/ha		Precipitazione totale annua (mm)
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Di acidità totale</i>	<i>Di azoto eutrofizzante</i>	
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Ind/Suburbano	1001	411	700
Pineta San Vitale	Ravenna	Fondo Suburbana/naturale	803	339	733

Tabella 4.28 – Deposizioni umide: Parametri statistici

Nella provincia di Ravenna sono presenti tre postazioni che raccolgono le deposizioni umide, collocate rispettivamente sul tetto della sede Arpae di Ravenna (Stazione di fondo urbano), nel Porto San Vitale (Stazione industriale suburbana) e nella pineta San Vitale di Ravenna (stazione di fondo suburbana - naturale). La stazione di Porto San Vitale ha sostituito, nel 2014, la postazione di SAPIR. Nel 2015 non sono stati raccolti dati dalla postazione dell'Arpae a causa di un guasto al campionatore, che è in attesa di riparazione.

Per il monitoraggio delle deposizioni umide vengono utilizzati dei campionatori di tipo "wet and dry", costituiti da due recipienti per la raccolta separata della deposizione umida e secca; hanno la funzione di evitare che il campione di pioggia venga contaminato dal particolato, che è in grado di alterare le caratteristiche chimiche delle deposizioni (soprattutto pH, alcalinità e concentrazioni di ioni calcio, magnesio e potassio). Il dato viene raccolto e analizzato settimanalmente e viene considerato mancante nelle settimane in cui la quantità di pioggia raccolta è inferiore a 300 ml.

L'elaborazione dei dati raccolti mostra che nella stazione di Porto San Vitale i due flussi di deposizione umida (di sostanze acidificanti e di sostanze eutrofizzanti) sono maggiori rispetto a quelli riscontrati nella stazione della pineta, segno che la vicinanza al polo industriale influenza significativamente la concentrazione di sostanze acidificanti e eutrofizzanti nella pioggia.

Nelle figure sottostanti (figura 4.44, 4.45 e 4.46) vengono rappresentati i trend delle medie delle concentrazioni, espresse in mg/l, di nitrati, solfati e azoto ammoniacale nelle piogge per il periodo

2006-2015. Come si approfondirà in seguito, la concentrazione di queste sostanze è utilizzata per calcolare i flussi di deposizione di sostanze acidificanti e eutrofizzanti.

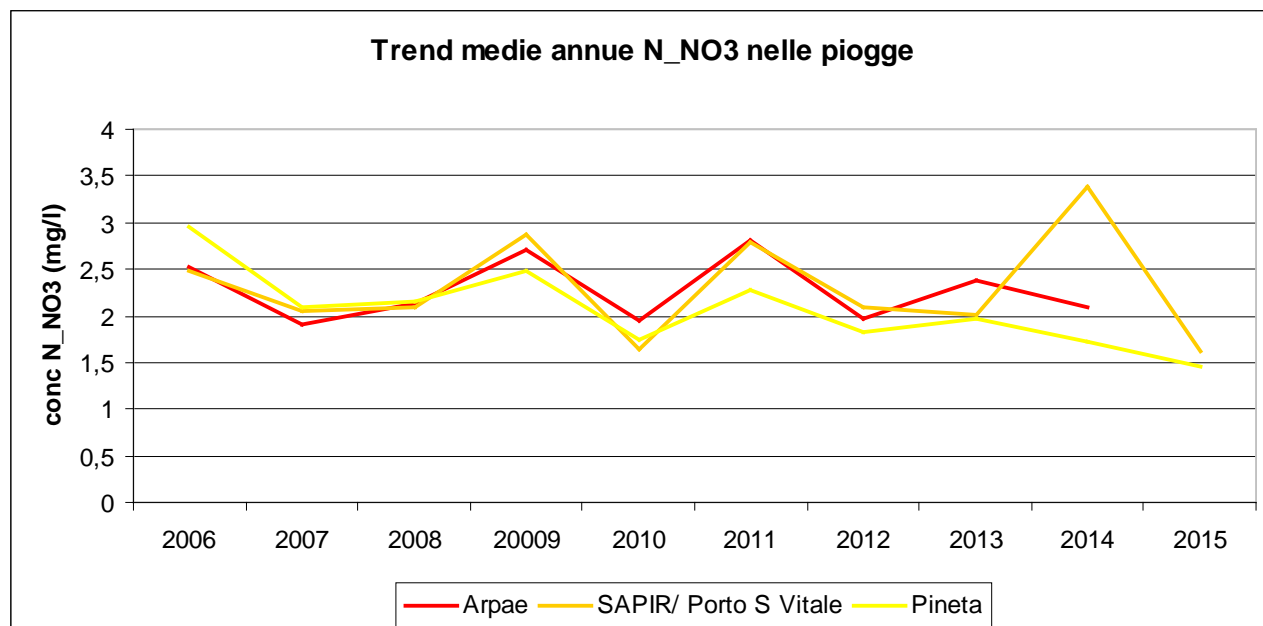


Figura 4.44 – Serie temporale della concentrazione media annuale di nitrati nelle piogge

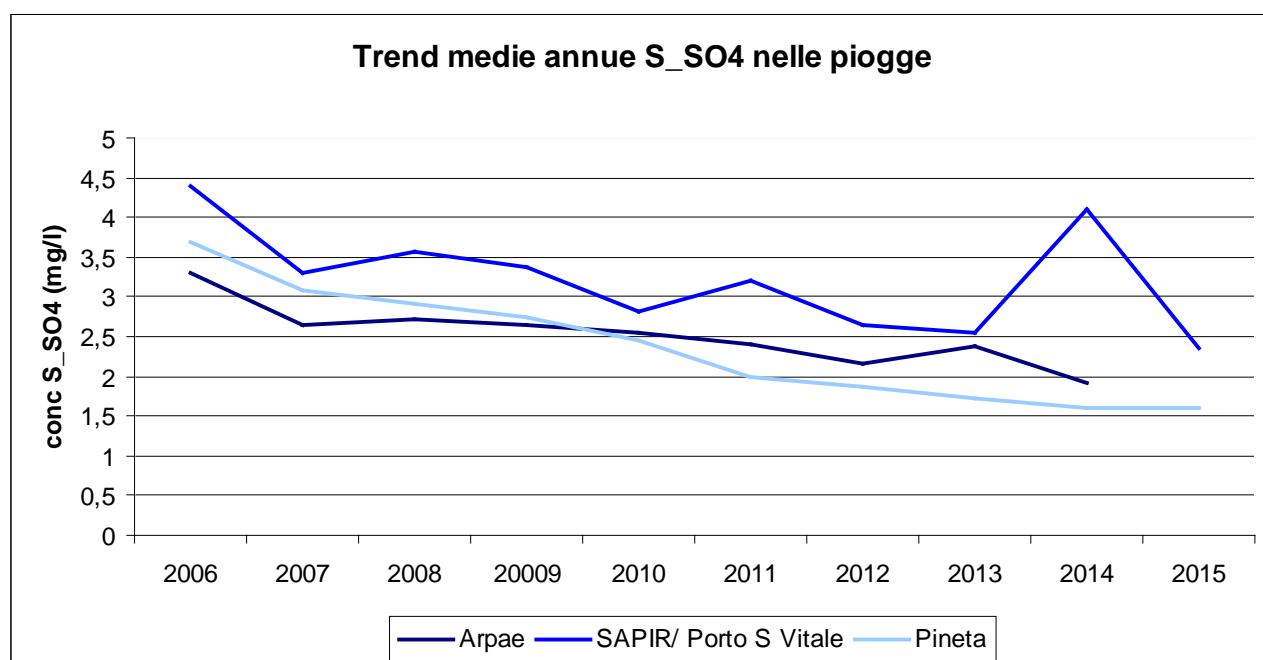


Figura 4.45 – Serie temporale della concentrazione media annuale di solfati nelle piogge

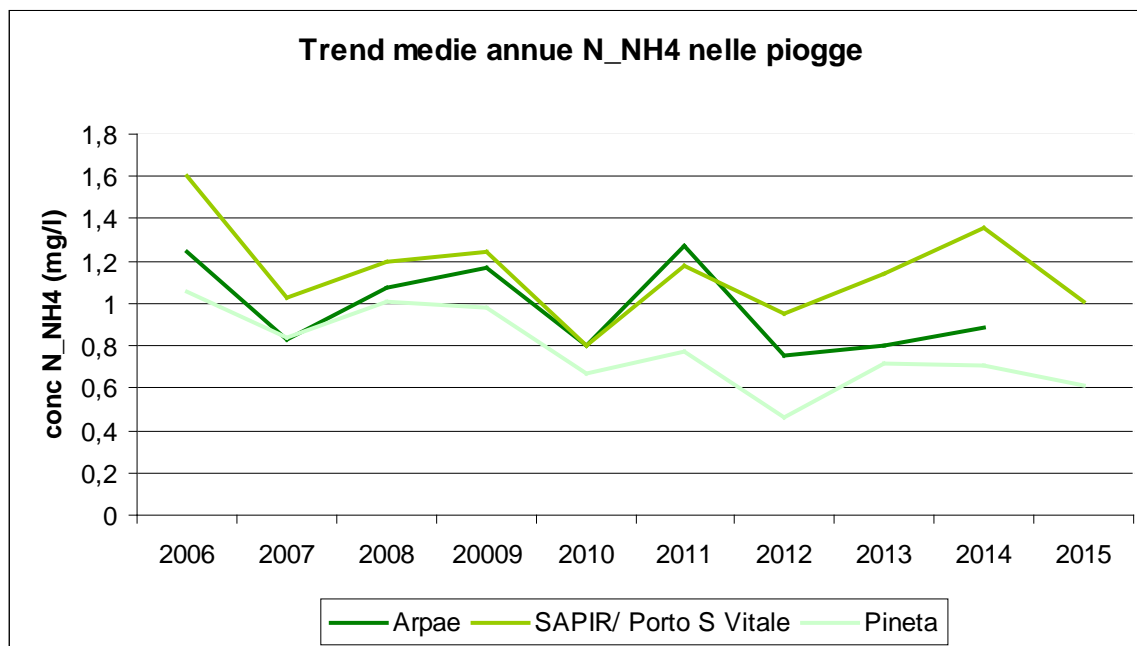


Figura 4.46– Serie temporale della concentrazione media annuale di ammoniaca nelle piogge

L'andamento generale mostra negli anni una progressiva diminuzione di concentrazione di tutti i parametri nelle deposizioni umide in tutte e tre le stazioni, in accordo con la tendenza delle emissioni e delle concentrazioni in aria. Fa eccezione il 2014 che mostra un picco in tutti i parametri nella stazione di Porto San Vitale, la quale, inoltre, ha quasi sempre registrato valori maggiori rispetto alle altre due stazioni.

4.10.1 Deposizioni umide di sostanze acidificanti

Il flusso di deposizione di acidità totale indica il contenuto, nelle deposizioni umide, di composti dell'azoto e dello zolfo, responsabili dell'acidificazione. Viene calcolato a partire da dati di concentrazione di NO_3 , SO_4 e NH_4 e dai volumi di pioggia raccolti, applicando la formula:

$$\text{Acidità totale} = \text{eqH}^+(\text{S_SO}_4) + \text{eqH}^+(\text{N_NO}_3) + [\text{eqH}^+(\text{N_NH}_4)] \times 2$$

dove eqH^+ sono gli equivalenti di idrogeno dovuti a N_NO_3 , S_SO_4 e N_NH_4 .

Il Valore del flusso annuale di equivalenti di idrogeno derivanti dall'azoto ammoniacale è moltiplicato per due poiché l'ammoniaca nel suolo si ossida a NO_3 , sviluppando un protone H^+ . La figura 4.47 mostra la variazione, negli ultimi 10 anni, del flusso annuo di acidità totale, confrontato con la precipitazione media, per le stazioni di Arpae, SAPIR (fino al 2013), Porto San Vitale (dal 2014) e Pineta San Vitale dal 2006 al 2015.

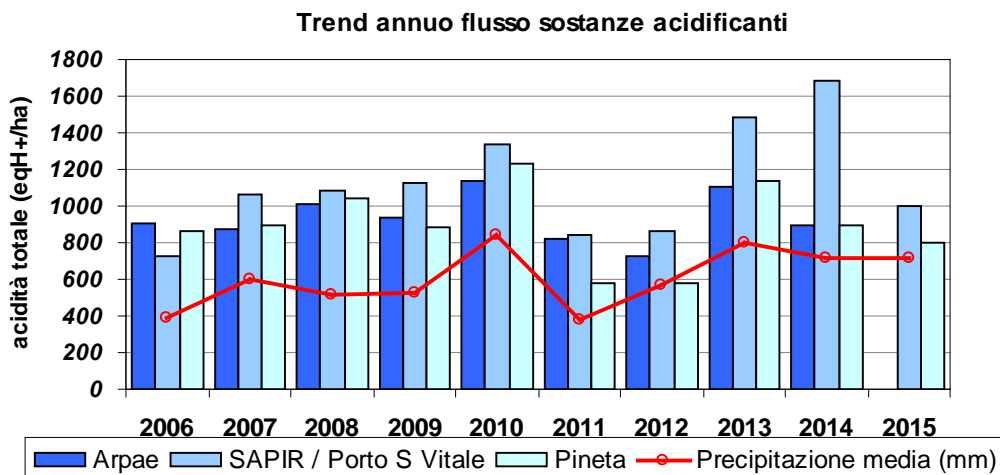


Figura 4.47– Serie temporale del flusso di sostanze acidificanti – 2006-2015

L'acidità totale mostra un marcata variabilità interannuale, per la quale non è possibile individuare un trend netto: il flusso di sostanze acidificanti mostra una tendenza all'aumento fino al 2010; il 2011 e il 2012 mostrano valori minori, ma che aumentano nuovamente nel 2013-2014. Il 2015 è caratterizzato da valori relativamente bassi.

4.10.2 Deposizioni umide di sostanze eutrofizzanti

Questo indicatore mostra il contenuto, nelle deposizioni umide, di composti dell'azoto responsabili dell'eutrofizzazione. Il calcolo del flusso di deposizione di azoto eutrofizzante viene effettuato a partire da dati di concentrazione di NO_3 e NH_4 e dai volumi di pioggia raccolti. Per ottenere questo indice si è applicata la seguente formula:

$$\text{Azoto nutriente} = eqN(N_NO_3) + eqN(N_NH_4)$$

Dove eqN sono gli equivalenti di azoto.

In figura 4.48 è riportato il trend annuo del flusso di sostanze eutrofizzanti per il periodo 2006-2015.

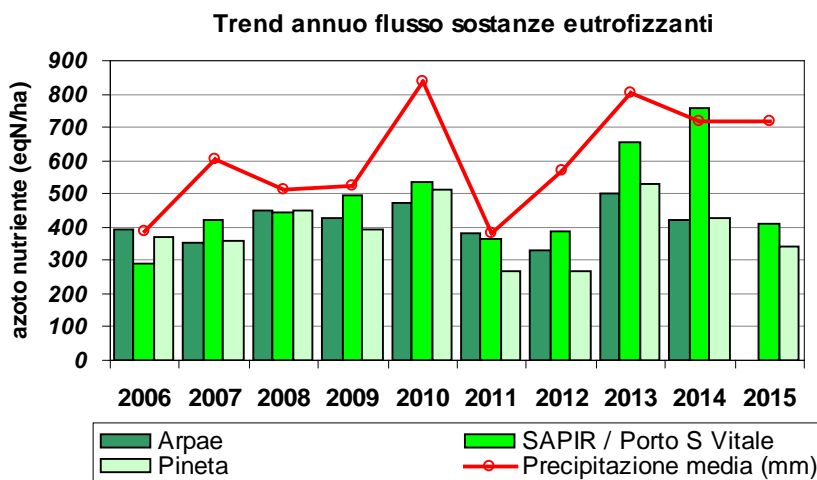


Figura 4.48– Serie temporale del flusso di sostanze eutrofizzanti – 2006-2015

Anche per il flusso di sostanze eutrofizzanti si può affermare che non esiste un andamento continuo negli anni, anche se tende a mantenersi più costante rispetto al flusso di sostanze acidificanti.

In tabella 4.29 sono riassunti i totali delle concentrazioni degli ioni misurati dalle deposizioni umide, espressi in eq/ha. I dati si riferiscono al decennio 2006-2015.

4.29 – Andamento temporale dei totali delle deposizioni umide (eq/ha) – Anni 2006-2015

Stazione: Sede Arpae Ravenna

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Pioggia (mm)	452	601	518	518	770	366	560	737	621	-
Ca	321	670	569	396	495	174	337	598	439	-
Mg	81	124	55	73	124	43	116	181	64	-
K	20	22	15	16	43	10	21	35	48	-
Na	321	385	230	259	415	293	367	588	222	-
NH₄⁺	239	202	296	262	280	244	179	293	259	-
NO₃⁻	154	154	153	167	195	139	155	208	165	-
NO₂⁻	9	7	7	8	11	6	5	7	10	-
SO₄⁻	271	321	271	244	385	198	212	312	211	-
cloruri	337	498	310	268	513	318	493	855	263	-

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

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Pioggia (mm)	305	609	506	531	864	394	556	781	758	700
Ca	279	434	593	595	585	341	477	617	853	366
Mg	62	165	61	82	151	86	116	189	142	280
K	37	27	15	25	48	30	31	72	48	40
Na	233	411	293	329	493	364	355	668	541	1203
NH₄⁺	205	259	302	324	344	229	228	445	458	277
NO₃⁻	84	164	141	173	197	138	160	213	300	135
NO₂⁻	4	7	7	6	6	4	5	6	9	3
SO₄⁻	236	379	338	313	461	245	250	383	468	313
cloruri	237	662	373	340	568	445	510	975	653	445

Stazione: Pineta San Vitale

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Pioggia (mm)	405	600	509	521	883	381	587	893	782	733
Ca	310	804	462	420	479	202	385	524	427	268
Mg	77	157	84	80	133	82	96	155	109	199
K	21	27	16	21	33	13	24	31	30	33
Na	350	462	289	296	446	288	321	556	275	882
NH₄⁺	209	192	296	239	297	147	115	304	255	204
NO₃⁻	162	164	151	159	216	119	152	224	169	135
NO₂⁻	4	5	4	4	3	2	2	4	4	2
SO₄⁻	277	350	295	256	419	170	196	298	214	260
cloruri	335	582	358	312	527	364	461	815	319	1008

arpae
agenzia
prevenzione
ambiente energia
emilia-romagna