



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Generale Valutazioni Ambientali
E, prot DVA - 2010 - 0005150 del 23/02/2010

DIVISIONE GENERAZIONE ED ENERGY MANAGEMENT
AREA TECNICA SVILUPPO E ASSISTENZA IMPIANTI

00198 Roma, Viale Regina Margherita 125
T +39 0683054401 - F +39 0683054406

Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio e del Mare
D.G. Salvaguardia Ambientale
Divisione III - VIA
Divisione VI - RIS-AIA
Via C. Colombo, 44
00147 - Roma



e p. c.

Comune di Civitavecchia
Piazzale Guglielmotti, 7
00053 - Civitavecchia (RM)

OGGETTO: Centrale termoelettrica Enel di Torrevaldaliga Nord. Esiti del monitoraggio ambientale della qualità dell'aria.

Con riferimento alle Vostre note del 25/11/2009 (prot 31616) e del 22/12/2009 (prot. 34514) e come anticipato nella nostra precedente nota del 22/12/2009 (prot. 47809), Vi trasmettiamo il Rapporto Straordinario di sintesi dei dati di monitoraggio della qualità dell'aria in corso presso le postazioni di Borgo Aurella, Parco Antonelli, Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino. I dati analizzati si riferiscono al periodo 1° gennaio - 30 ottobre 2009, lasso temporale che include l'iniziale esercizio a regime della sezione 4.

Vi informiamo che è in fase di predisposizione il consueto Rapporto di sintesi annuale riferito a l'intero 2009, che vi invieremo non appena disponibile.

Nel rimanere a disposizione per ogni eventuale chiarimento, porgiamo distinti saluti

Leonardo Arrighi
IL RESPONSABILE

All.: Rapporto ISMES B0003495

AUT

Cliente ENEL Produzione S.p.A

Oggetto Centrale di Torrevaldaliga Nord - Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico del comprensorio di Civitavecchia: sintesi delle attività di campionamento e dei risultati analitici per il periodo **gennaio - ottobre 2009**

Ordine AQ 8400006584 – Attingimento Nr. 4000223297 del 28-07-2009

Note AG09ATM016 lettera di trasmissione B0003664

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 105 **N. pagine fuori testo** 0

Data 08/02/2010

Elaborato ATM - Maspero Mario
B000495 27/04/10

Verificato ATM - Carboni Gabriele
B000495 27/04/10

Approvato AMB - Il Responsabile - Fiore Antonio
B000495 27/04/10

Indice

1	PREMESSA	3
2	PIANO DI MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO.....	4
2.1	Frequenza di campionamento.....	4
2.2	Parametri e metodi chimici di analisi	5
2.3	Sistemi di campionamento	6
2.3.1	Descrizione dei sistemi di campionamento del particolato	7
2.3.2	Descrizione dei sistemi di campionamento delle deposizioni atmosferiche	7
3	SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO.....	8
3.1	Andamento delle concentrazioni di PM10	8
3.1.1	Valori medi mensili di PM10	13
3.1.2	Valori medi annuali del PM10	16
3.2	Caratterizzazione chimica del particolato PM10.....	17
3.2.1	Metalli nel particolato PM10.....	17
3.2.1.1	Valori medi annuali di metalli nel PM10	27
3.2.2	Specie ioniche nel particolato PM10.....	30
3.2.2.1	Valori medi annuali di specie ioniche	38
3.3	Risultati e valutazioni della determinazione di IPA nel particolato PTS e in fase vapore.	40
3.3.1.1	Valori medi annuali	47
3.4	Deposizioni atmosferiche	52
3.4.1	Deposizioni atmosferiche umide	52
3.4.1.1	Metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide.....	54
3.4.1.2	Idrocarburi aromatici policiclici (IPA) nelle deposizioni umide.....	71
3.4.1.3	Composizione delle deposizioni umide.....	78
3.4.2	Deposizioni atmosferiche secche	79
3.4.2.1	Metalli e specie ioniche nelle deposizioni secche	79
3.4.2.2	Idrocarburi Aromatici policiclici (IPA) nelle deposizioni secche	93
3.4.2.3	Composizione e rateo della deposizione secca.....	98
3.4.3	Deposizioni totali da eventi umidi e secchi	101
4	CONCLUSIONI	104

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	08/02/2010	B0003495	Prima emissione

1 PREMESSA

Il Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, con nota prot. DSA-2009-0031616 del 22/11/09, ha richiesto ad ENEL di acquisire gli esiti delle attività di monitoraggio ambientale condotte, in particolare, dopo la messa a regime della prima sezione a carbone dell'impianto di "Torrevaldaliga Nord", avvenuta il 22 giugno 2009. Nel presente rapporto preliminare viene quindi presentata una sintesi dei risultati dei monitoraggi ambientali condotti nelle quattro postazioni ubicate nel comprensorio di Civitavecchia, limitatamente ai dati disponibili, che riguardano:

- le misure di concentrazione di particolato PM10 per il periodo da **gennaio ad ottobre 2009**;
- la determinazione di parametri chimici (metalli, specie ioniche, IPA) nel particolato per il periodo da **gennaio ad ottobre 2009**
- la determinazione di parametri chimici (metalli, specie ioniche, IPA) nelle deposizioni atmosferiche umide per il periodo dal **gennaio ad ottobre 2009** e nelle deposizioni secche da **gennaio a settembre 2009**.

Il rapporto è organizzato nella seguente maniera: nel paragrafo 2 viene richiamato il piano approvato dagli enti preposti per il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico mentre il paragrafo 3 contiene una sintesi dei risultati delle attività di monitoraggio del particolato e delle deposizioni atmosferiche.

2 PIANO DI MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico nell'intorno della Centrale di Torvaldaliga Nord viene eseguito in corrispondenza delle quattro postazioni di misura individuate dall'allegato 2 al decreto del Ministero delle Attività Produttive n. 55/02/2003 del 24 dicembre 2003. Le postazioni di misura sono le seguenti:

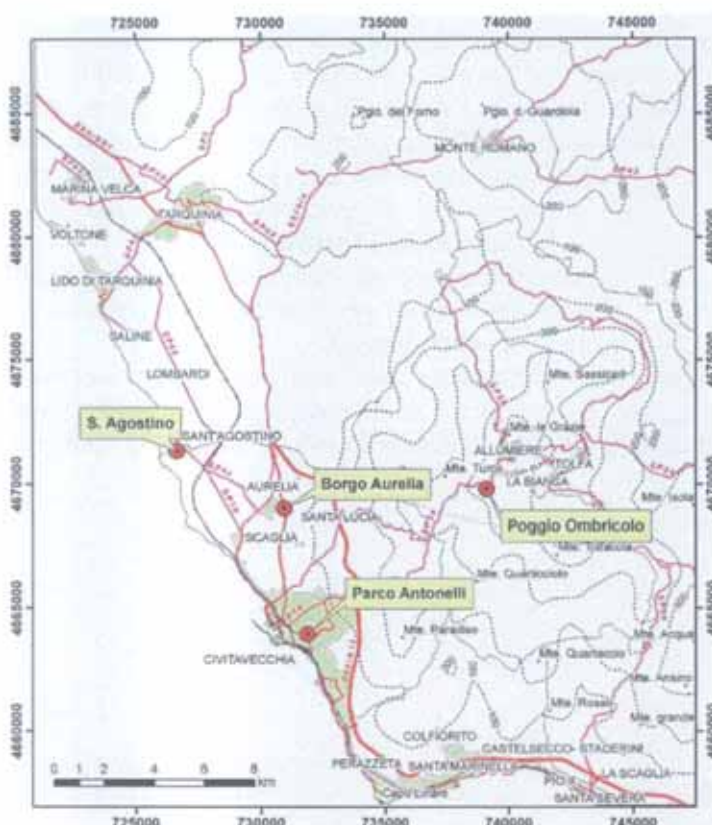
- **Borgo Aurelia**, presso la postazione n° 1 della RRQA;
- **Bagni S. Agostino**, presso la postazione n° 2 della RRQA;
- **Poggio Ombriccolo Tolfa**, presso la postazione n° 9 della RRQA;
- **Parco Antonelli**, presso la postazione ARPA Lazio.

La figura a lato individua la posizione di ciascuna postazione.

In ciascuna postazione, vengono effettuati campionamenti di particolato PM10, particolato totale e deposizioni umide e secche. Oltre alla misura della concentrazione di particolato, i campioni ottenuti vengono analizzati per la determinazioni di microinquinanti organici ed inorganici (metalli), di specie ioniche influenzanti l'acidità atmosferica e, relativamente alle sole deposizioni umide, anche per pH e conducibilità, come descritto in maggior dettaglio nei paragrafi successivi.

Le attività di monitoraggio hanno avuto inizio nel 2007 e proseguono regolarmente con la frequenza di campionamento stabilita con gli enti di controllo.

Nel seguito vengono descritti in dettaglio i campionamenti annuali previsti per ciascuna postazione, i parametri da analizzare e i relativi metodi chimici.



2.1 Frequenza di campionamento

Come esplicitamente richiesto da ARPA Lazio ⁽¹⁾, la frequenza di campionamento in ciascuna postazione è stata stabilita in "un giorno ogni 6 per un totale di 5 giorni mensili". In seguito, con la nota prot. 0001862 del 22/01/2007, ARPA Lazio ha valutato che "vista la caratteristica tipicamente rurale delle postazioni di Poggio Ombriccolo e S. Agostino, pur condividendo la riduzione del numero di campionamenti da eseguire (da 52 a 26) durante le campagne di monitoraggio, la frequenza dei campionamenti comunque debba essere mantenuta uniforme e regolare per tutto l'anno".

Tenuto conto di queste disposizioni da parte dell'ente di controllo, la frequenza dei campionamenti è riassunta nella tabella che segue, in funzione del tipo di monitoraggio:

¹ ARPALazio, prot. 0022188 del 02/11/2006

	Parco Antonelli	Borgo Aurelia	Bagni S. Agostino	Poggio Ombriccolo
Particolato PM10 per misure gravimetriche	ogni giorno	ogni giorno	ogni giorno	ogni giorno
Particolato Totale per analisi IPA	ogni 6 gg	ogni 6 gg	ogni 12 gg	ogni 12 gg
Particolato PM10 per analisi comp. Inorganici	ogni 6 gg	ogni 6 gg	ogni 12 gg	ogni 12 gg
Particolato PM10 per analisi anioni	ogni 6 gg	ogni 6 gg	ogni 12 gg	ogni 12 gg
Deposizione umida (per evento)	ogni 6 gg	ogni 6 gg	ogni 6 gg	ogni 6 gg
Deposizione secca	ogni 30 gg	ogni 30 gg	ogni 30 gg	ogni 30 gg

Nel prospetto che segue, è stato riassunto il numero totale presunto di campioni di particolato e deposizioni che vengono raccolti annualmente nelle quattro postazioni e quelli effettivamente analizzati:

Campionatore	Numero totale di campioni da prelevare annualmente	Numero totale di campioni da analizzare	Parametri di analisi
Polveri Totali (campionamento di 24 ore)	circa 180 (1 campione ogni 6 giorni a Parco Antonelli e Aurelia + 1 campione ogni 12 giorni a Poggio Ombriccolo e S. Agostino)	180	IPA
Polveri PM10 (campionamento di 24 ore)	circa 1460 (1 campione al giorno su ognuna delle 4 postazioni)	180	Microinquinanti inorganici
		180	Sostanze influenzanti l'acidità atmosferica
Deposizioni secche	96 (2 campioni al mese su ognuna delle 4 postazioni)	48	IPA
		48	Microinquinanti inorganici e Specie ioniche
Deposizioni umide	190 presunti (4 campioni al mese – per evento di 6 giorni- su ognuna delle 4 postazioni)	95 presunti	IPA
		95 presunti	Microinquinanti inorganici, Specie ioniche, pH e conducibilità

2.2 Parametri e metodi chimici di analisi

Il piano di monitoraggio prevede per ciascuna postazione la caratterizzazione della concentrazione aerodispersa di particolato totale e PM10, nonché delle deposizioni secche ed umide.

In sunto, i parametri chimici e le classi di microinquinanti di analisi da determinare in ciascuna matrice ambientale sono riportati nel prospetto che segue:

Parametro	Particolato Totale	Particolato PM10	Deposizione secca	Deposizione umida
Microinquinanti inorganici		X	X	X
Idrocarburi Aromatici Policiclici (IPA)	X		X	X
Sostanze influenzanti l'acidità atmosferica		X	X	X
pH e conducibilità				X

I composti di dettaglio per ciascuna classe di parametri sono invece elencati di seguito:

- **Microinquinanti inorganici:**
Al, As, Be, Cr, Co, Ni, Cd, Hg, Tl, Se, Te, Sb, Mn, Pd, Pt, Pb, Cu, Rh, Sn, V, Zn, Ti;
- **Sostanze influenzanti l'acidità atmosferica:**
Ca, Na, Mg, K, NH₄, SO₄²⁻, NO₃⁻ e Cl⁻ .
- **IPA:**

Naftalene; 2-Metilnaftalene; 1-Metilnaftalene; 2,6-Dimetilnaftalene; Acenaftilene; Acenaftene; 2,3,5-Trimetilnaftalene; Fluorene; Fenantrene; Antracene; 1-Metilfenantrene; Fluorantene; Pirene; Ciclopenta[c,d]pirene; Benzo[a]antracene; Crisene; Benzo[j]fluorantene; Benzo[b]fluorantene; Benzo[k]fluorantene; Benzo[e]pirene; Benzo[a]pirene; Perilene; Indeno[1,2,3-cd]pirene; Dibenzo[a,h]antracene; Benzo[g,h,i]perilene; Dibenzo[a,e]pirene; Dibenzo[a,h]pirene; Dibenzo[a,i]pirene; Dibenzo[a,l]pirene.

Per la determinazione dei parametri sopra riportati sono stati utilizzati i metodi di analisi riportati nella tabella che segue:

Tipo di analisi chimica	Normativa di riferimento
IPA	ISO 12884:2000 (per fase particolato e gassosa) Lisciviazione con solventi, purificazione su gel di silice, analisi GC/MS secondo US-EPA 8270C:1996 (per le deposizioni secche) Estrazione liquido-liquido secondo US-EPA 3510C:1996, purificazione su gel di silice, analisi GC/MS secondo USEPA 8270C:1996 (per le deposizioni umide)
Inquinanti inorganici	Analisi: ISO 17294-2004 (ICP-MS) + ISO 11885-2004 (ICPOES); dissoluzione dei filtri; metodo interno adattato da ISO 14869-2001
Specie ioniche	Lisciviazione filtri (metodo interno) + analisi cromatografica secondo ISO 10304-1:1992 (SO ₄ ⁼ , NO ₃ ⁻ , Cl ⁻) e secondo ISO 14911:1998 (NH ₄ ⁺)
pH	APAT IRSA CNR 2003 met. 2060
conducibilità	APAT IRSA CNR 2003 met. 2030

Per il calcolo del rateo di deposizioni atmosferiche umide e secche si è fatto riferimento anche al rapporto ISTISAN 06/38 ⁽²⁾.

2.3 Sistemi di campionamento

Nel prospetto che segue sono riepilogate le diverse tipologie di sistemi di campionamento utilizzate, con indicazione della normativa di riferimento e delle modalità e durata dei campionamenti.

Tipo di campionatore	Normativa di riferimento	Modalità e durata di ciascun campionamento
Campionatore "Alto volume" di polveri totali	- ISO 12884:2000 (richiamata punto II, allegato V della Direttiva 2004/107/CE) - DM 25.11.1994, allegato VII	- supporto filtrante in fibra di vetro per il campionamento del particolato e di una schiuma poliuretana (PUF) per il campionamento della componente gassosa (ISO 12884) - durata esposizione: 24 ore (DM 25.11.1994)
Campionatore automatico sequenziale di polveri PM10	- EN 12341 (richiamata all'art. 19 del DM 60/2002)	- supporto filtrante in Teflon - durata esposizione: 24 ore - al termine del campionamento giornaliero il filtro viene automaticamente sostituito da un nuovo supporto filtrante e avviato un nuovo prelievo
Deposimetro Wet&Dry	- Progetto Scenari- Ricerca di Sistema (Ministero Attività Produttive)	- campionamento delle deposizioni secche raccolte nel corso di un mese - campionamento delle deposizioni umide ad evento - contenitore in PTE per la raccolta della componente inorganica e contenitore in vetro per la raccolta della componente organica

Nei paragrafi seguenti sono descritte più in dettaglio le caratteristiche della strumentazione utilizzata.

² Menichini E, Settimo G., Viviano G.: "Metodi per la determinazione di As, Cd, Ni e IPA nelle deposizioni atmosferiche", Rapporto ISTISAN 06/38 (2006)

2.3.1 Descrizione dei sistemi di campionamento del particolato

In ciascuna postazione, sono stati collocati tre sistemi di campionamento delle polveri operanti in parallelo.

I primi due sistemi sono costituiti da un sistema di aspirazione a flusso costante, completo di testa di prelievo con taglio a 10 μm (PM10), operante in modo sequenziale con autonomia di 15 membrane filtranti. Le apparecchiature sono dotate di un sistema di controllo remoto che consenta la programmazione e la gestione dei campionamenti a distanza. Le membrane filtranti per il PM10 utilizzate sono in teflon, pre-condizionate e pre-pesate in laboratorio. Settimanalmente, le membrane sono trasferite in laboratorio, condizionate e pesate per la determinazione della massa raccolta. Sui campioni d'interesse, vengono determinati i micr inquinanti inorganici (metalli) e le specie ioniche influenzanti l'acidità atmosferica (per dettagli dei parametri, v. par. 2.2).

Il terzo sistema è caratterizzato da aspirazione a flusso costante e da una testa di campionamento di tipo "open", che supporta una membrana in fibra di vetro. Le membrane sono preliminarmente trattate in laboratorio a 500 °C per eliminare eventuali sostanze organiche interferenti. La durata di ciascun campionamento di IPA è di 24 ore.

2.3.2 Descrizione dei sistemi di campionamento delle deposizioni atmosferiche

Per la misura delle deposizioni sono utilizzati due campionatori automatici per la raccolta delle deposizioni umide e secche ("wet & dry"), uno predisposto per la raccolta di campioni adatti alla determinazione di composti inorganici, l'altro per la raccolta di campioni destinati alla determinazione di composti organici. Un campionatore è pertanto equipaggiato con due contenitori di raccolta (uno per le deposizioni *wet* e uno per *dry*) in polietilene neutro ad alta densità per la raccolta di campioni destinati alla determinazione della componente inorganica; il campionatore per la raccolta di campioni per determinazione di IPA è predisposto invece con contenitori in vetro borosilicato.

I campioni di precipitazioni umide vengono raccolti "per evento" settimanale nel periodo di indagine ed analizzati per gli elementi in traccia, le specie ioniche, il pH e per gli idrocarburi policiclici aromatici (per dettagli dei parametri vedi par. 2.2). I campioni di deposizione secca sono prelevati, invece, al termine di un mese di campionamento ed analizzati per le stesse classi di sostanze di cui sopra. L'entità della deposizione è rapportata alla superficie unitaria di 1 m^2 ed espressa come $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ per le specie inorganiche e come $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ per le specie organiche.

3 SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

I risultati complessivi delle analisi chimiche condotte sulle matrici ambientali facenti parte del piano di monitoraggio (v. par. 2.2) sono sintetizzati nei paragrafi che seguono, corredandoli di alcune valutazioni sugli andamenti riscontrati.

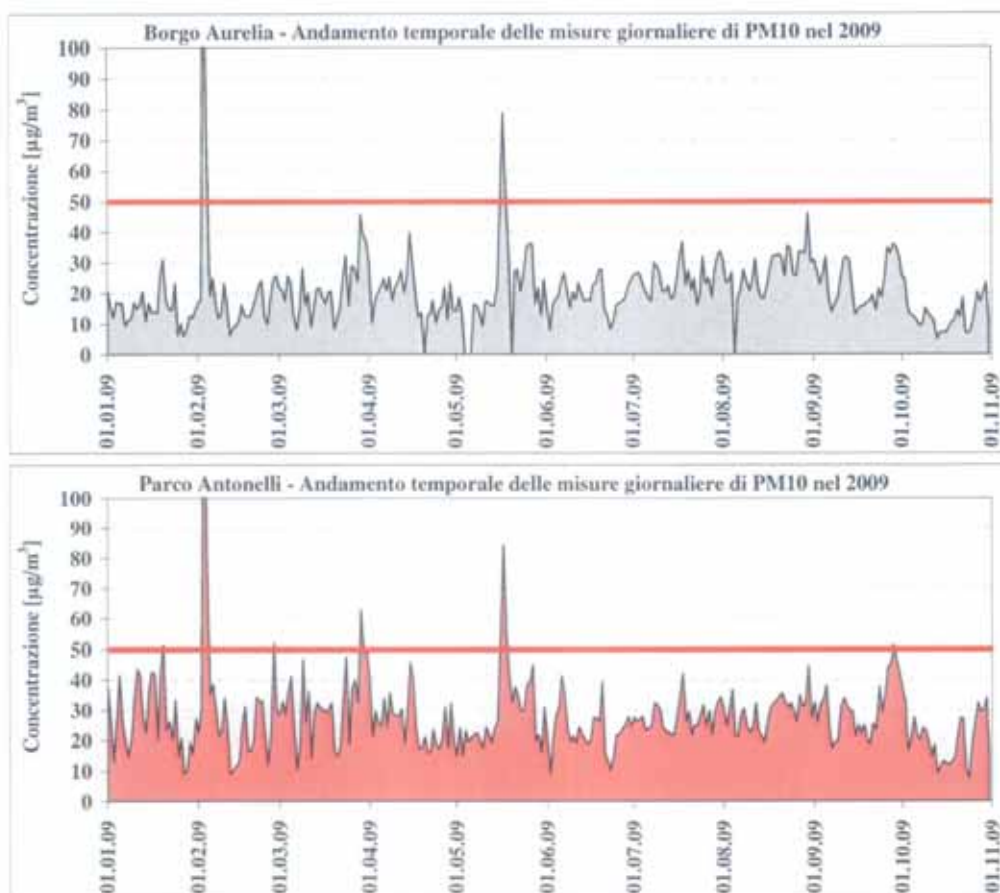
3.1 Andamento delle concentrazioni di PM10

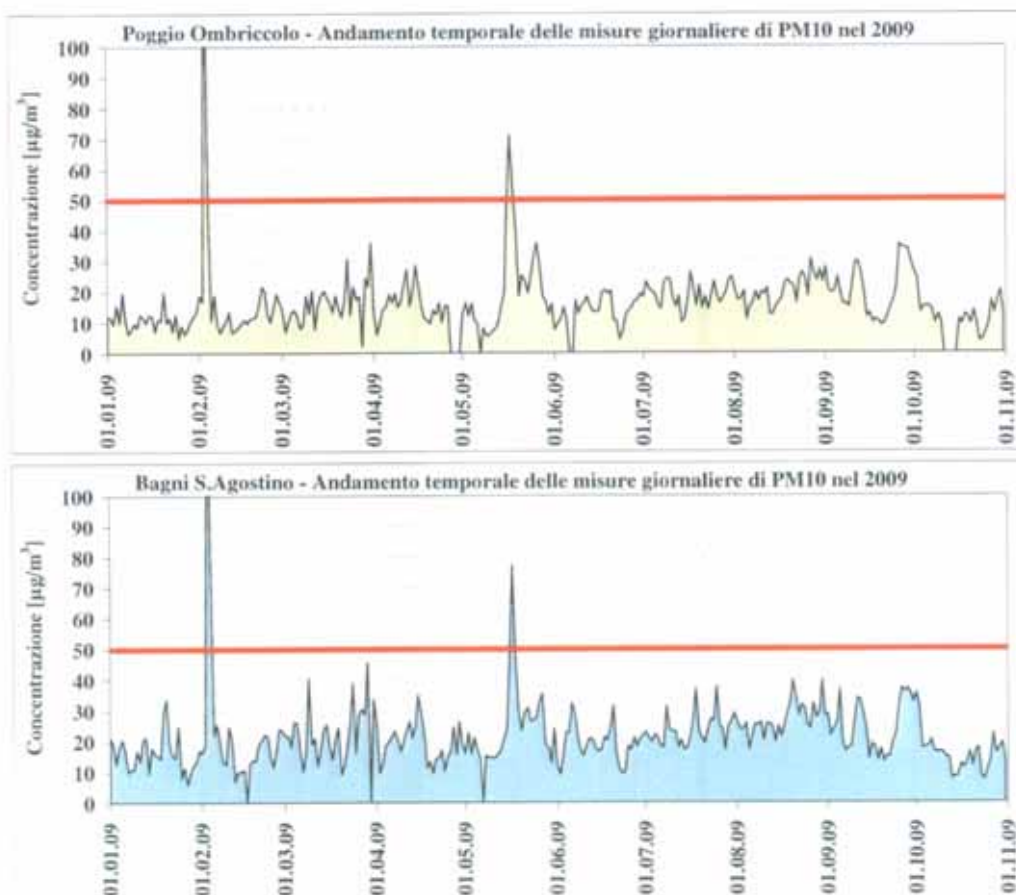
Nel periodo dal 1/1/09 al 31/10/09, nelle quattro postazioni sono stati raccolti oltre il 95 % dei campioni di PM10 previsti, come riportato nel prospetto che segue:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
N° valori giornalieri previsti	304	304	304	304
N° valori giornalieri sperimentali	298	304	292	301
% valori giornalieri sperimentali	98	100	96	99

Per tutte le postazioni è stato quindi pienamente rispettato il periodo di copertura del 90%, richiesto dal DM n° 60 del 02/04/2002. Da sottolineare il particolare buon funzionamento della postazione urbana di Parco Antonelli (100% di periodo di copertura). A Poggio Ombriccolo, il 4% di campioni non raccolti è imputabile ad alcune interruzioni della alimentazione elettrica.

Nelle figure che seguono sono mostrati gli andamenti giornalieri della concentrazione di PM10 nelle quattro postazioni, dal 1/1/09 al 31/10/09. La linea rossa indica il valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del DM n° 60 del 02/04/2002, in modo da evidenziare gli eventuali superamenti. Una concentrazione pari a 0 corrisponde alla mancanza del dato giornaliero.





Gli andamenti delle figure precedenti sono caratterizzati da due periodi di inusuale elevata concentrazione di PM10 in tutte le postazioni, avvenuti il 3-4/02 e 16-18/05. Nella tabella che segue sono riassunte le giornate in cui si sono verificati superamenti di PM10 in almeno una della postazioni e la concentrazione riscontrata. I valori di concentrazione maggiori del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono stati evidenziati in neretto, in corsivo quelli non eccedenti la soglia giornaliera:

Data	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
20.01.09	31	51	20	34
03.02.09	151	168	146	140
04.02.09	74	80	48	73
27.02.09	25	52	19	24
29.03.09	46	63	25	46
16.05.09	50	54	49	47
17.05.09	79	84	71	77
18.05.09	52	56	55	47
28.09.09	36	51	34	37
<i>N. totale superi</i>	5	9	3	3

Dai dati sopra riportati, si conferma l'andamento generale già emerso nei monitoraggi precedenti, ovvero che nella postazione urbana di Parco Antonelli il PM10 eccede più frequentemente la soglia di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispetto alle altre postazioni. Infatti, tra gennaio ed ottobre '09, a Parco Antonelli si sono avuti 9 superamenti della soglia giornaliera, contro i 3-5 superamenti registrati nelle altre postazioni.

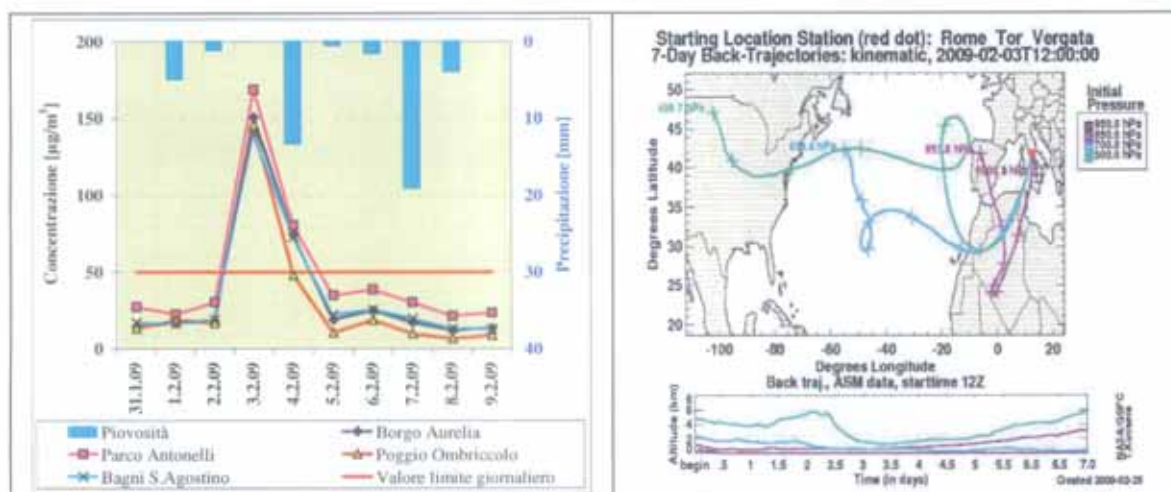
Nella tabella che segue, sono confrontati i numeri di superamenti avvenuti mensilmente nel 2009 in ciascuna postazione con quelli del 2008:

	Borgo Aurelia		Parco Antonelli		Poggio Ombriccolo		Bagni S. Agostino	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Gennaio	0	0	1	1	0	0	0	0
Febbraio	0	2	0	3	0	1	0	2
Marzo	0	0	2	1	0	0	0	0
Aprile	0	0	0	0	0	0	0	0
Maggio	0	3	0	3	0	2	0	1
Giugno	0	0	0	0	0	0	0	0
Luglio	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0
Settembre	0	0	1	1	1	0	0	0
Ottobre	1	0	1	0	0	0	1	0
Novembre	1	-	2	-	1	-	1	-
Dicembre	0	-	4	-	0	-	0	-
Totale Gen-Ott	1	5	5	9	1	3	1	3
Totale anno	2	5	11	9	2	3	2	3

Confrontando periodi temporali omogenei, risulta che il numero dei superamenti complessivi tra gennaio ed ottobre 2009 è aumentato in ogni postazione rispetto al periodo analogo del 2008. I superamenti del 2009 sono avvenuti però in massima parte tra febbraio e maggio, a differenza del 2008 in cui nello stesso periodo sono stati pressoché inesistenti, salvo che a Parco Antonelli (due superamenti). Da luglio ad ottobre, quindi dopo la messa a regime della prima sezione a carbone dell'impianto di "Torrevaldaliga Nord", si è avuto un solo superamento a Parco Antonelli (28/09, 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

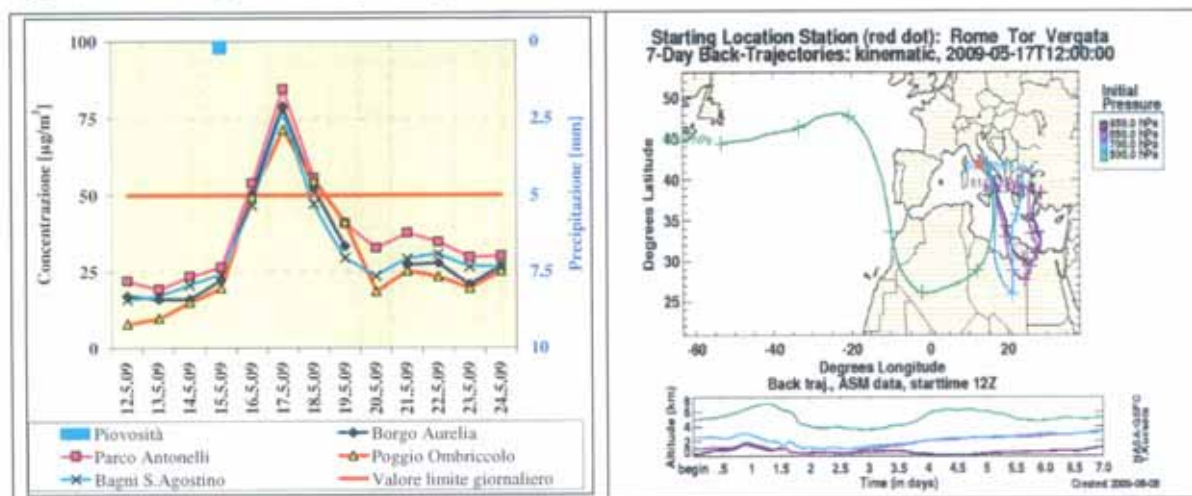
Come sopra introdotto, la massima parte dei superamenti sono avvenuti in coincidenza di definiti periodi temporali che vale la pena di approfondire.

Il primo episodio di elevata polverosità è avvenuto il 3-4/02. Nella figura sottostante di sinistra è mostrato il dettaglio dell'andamento della polverosità nelle quattro postazioni dove si coglie il simultaneo innalzamento del PM10 del 3/02:



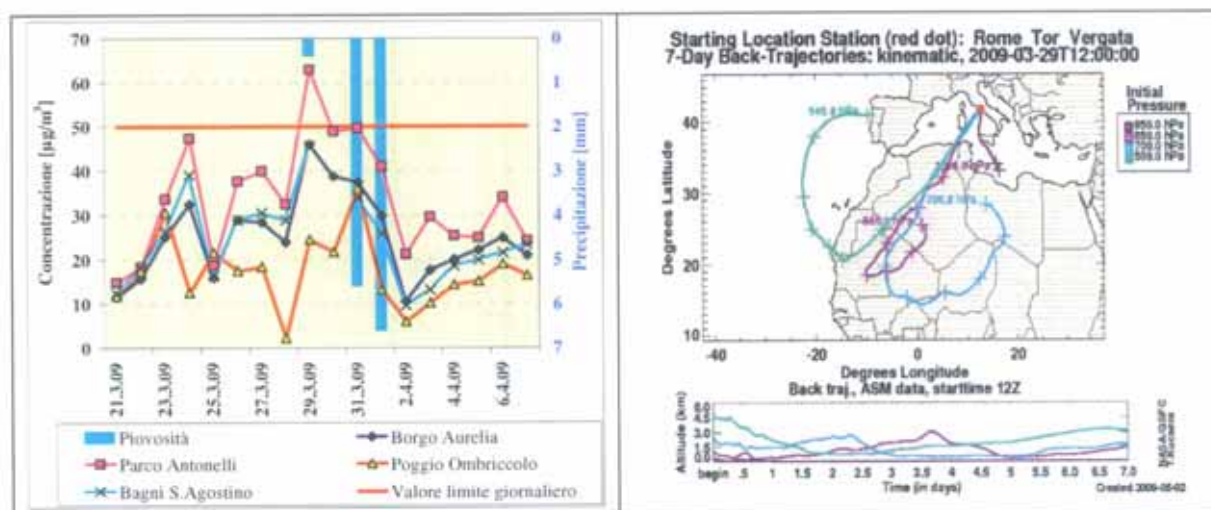
E' evidente che un fattore esterno deve aver influito sulla concentrazione del PM10 e, in effetti, l'esame delle *back trajectories* per i sette giorni precedenti il 03/02 (figura precedente di destra) evidenzia che masse d'aria provenienti dall'Atlantico sono transitate sull'Africa Occidentale e si sono quindi caricate di sabbie sahariane. Si tratta quindi di un classico caso di apporto di sabbie del deserto sul comprensorio di Civitavecchia, evento che si verifica con elevata frequenza nel comprensorio di Civitavecchia e già evidenziato nella valutazione dei dati del 2008. La pioggia del 4/02 ha poi contribuito a ridurre la polverosità in aria.

Un analogo incremento simultaneo della polverosità in tutte le postazioni è avvenuto tra il 16 e il 18 maggio, come si coglie nella figura seguente di sinistra:



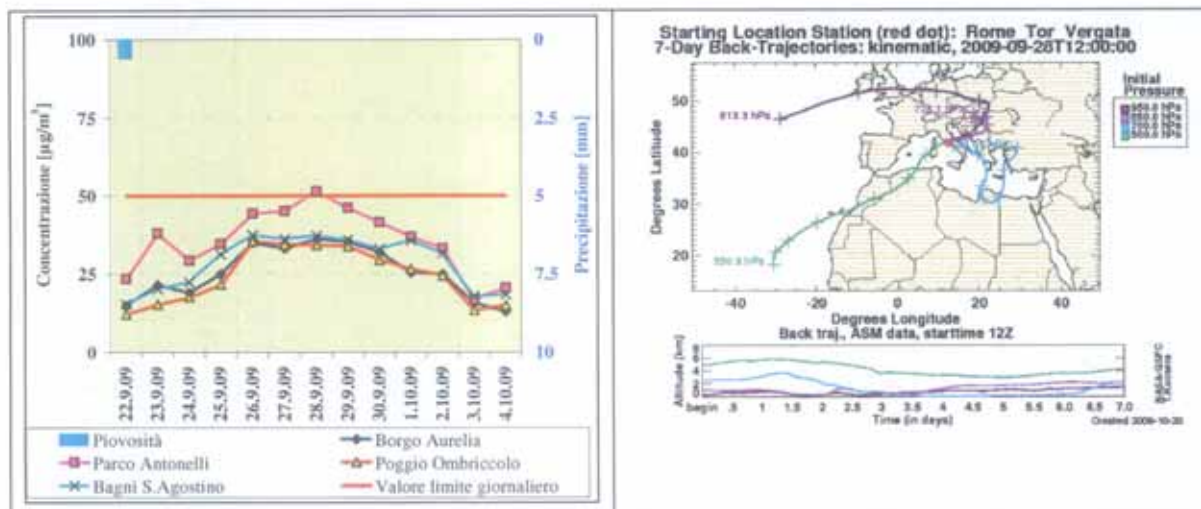
Da notare che i valori della concentrazione di PM10 sono molto omogenei tra le postazioni e anche in questo caso deve esserci stato un macro evento in grado di influire in contemporanea sulla polverosità delle quattro postazioni. L'esame delle *back trajectories* delle masse d'aria per i sette giorni precedenti il 17/05 (figura precedente di destra) evidenzia che le masse d'aria provenienti dall'Atlantico o dal Mediterraneo sono transitate sull'Africa abbastanza a lungo da caricarsi di sabbie sahariane per poi trasportarle sul comprensorio di Civitavecchia.

Il superamento del 29 marzo a Parco Antonelli è ancora con tutta probabilità un apporto di polveri sahariane. Infatti, tra il 28 ed il 29/03 in tutte le postazioni vi è stato un aumento sincrono di 20-30 µg/m³ (fig. sottostante di sinistra) e le *back trajectories* (fig. sottostante di destra) indicano che le masse di aria sono transitate sul Sahara nei giorni precedenti l'arrivo sul comprensorio di Civitavecchia.



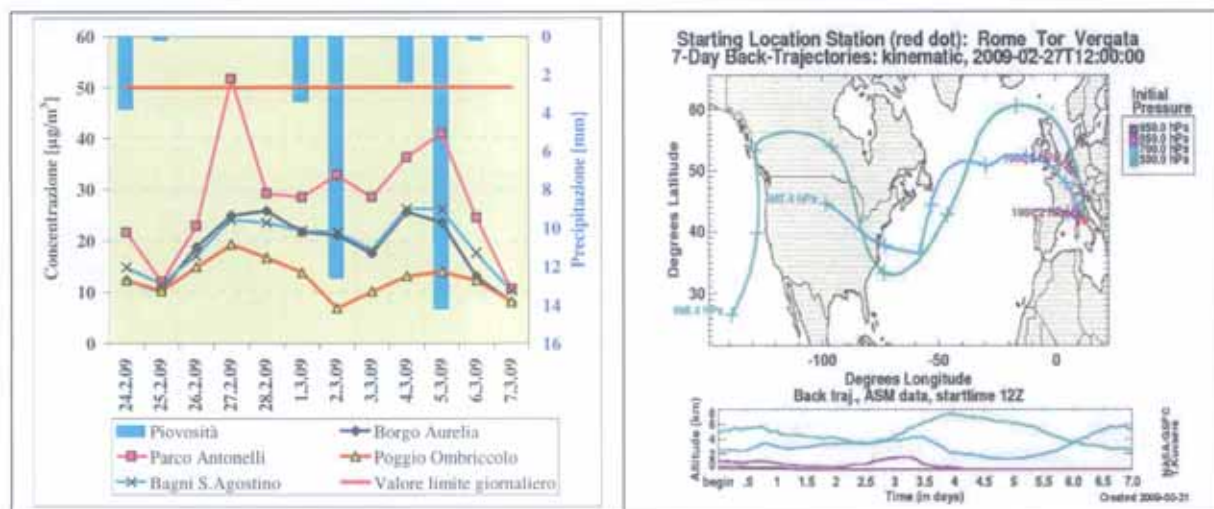
In questo caso, la quantità di polveri sahariane risollevate e trasportate non è stata particolarmente elevata. Solo a Parco Antonelli è avvenuto un superamento del valore limite a causa del livello più elevato di PM10 del giorno precedente, cui si sono sommati i 20-30 µg/m³ di polveri sahariane apportate. Le precipitazioni dei giorni successivi (31/03 e 01/04) hanno sicuramente contribuito a ridurre la polverosità atmosferica.

Anche il superamento del 28 settembre (v. figura sotto a sinistra) potrebbe essere attribuito ad apporti esterni, come si può cogliere dalla figura di destra in cui si nota il transito di una massa di aria per più giorni sull'Africa:



Da quanto sopra esposto, si può desumere che tutti i superamenti del valore limite giornaliero di PM10 avvenuti a Borgo Aurelia, Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino e almeno sei dei nove superamenti di Parco Antonelli potrebbero essere stati dovuti a cause naturali piuttosto che a cause antropiche.

Un probabile esempio di influenze di sorgenti locali è invece l'episodio di superamento avvenuto solo a Parco Antonelli il 27/02 (v. fig. sottostante di sinistra).



Si tratterebbe quindi di un caso di forte incidenza di sorgenti locali, in quanto nelle altre postazioni non si sono avuti aumenti repentini della concentrazione di PM10 e le *back trajectories* (v. fig. sottostante di destra) indicano che le masse di aria non sono transitate sul Sahara ma sono bensì provenute dal Nord Europa.

Viene quindi riconfermato quanto già emerso nella valutazione dei dati del 2008, ovvero che la concentrazione di PM10 della zona di Civitavecchia potrebbe spesso essere influenzata da apporti naturali che vanno ricondotti alle sabbie sahariane. Tali apporti, sommandosi alla polverosità tipica di ciascuna postazione, contribuirebbero al superamento dei valori di soglia giornaliera del PM10.

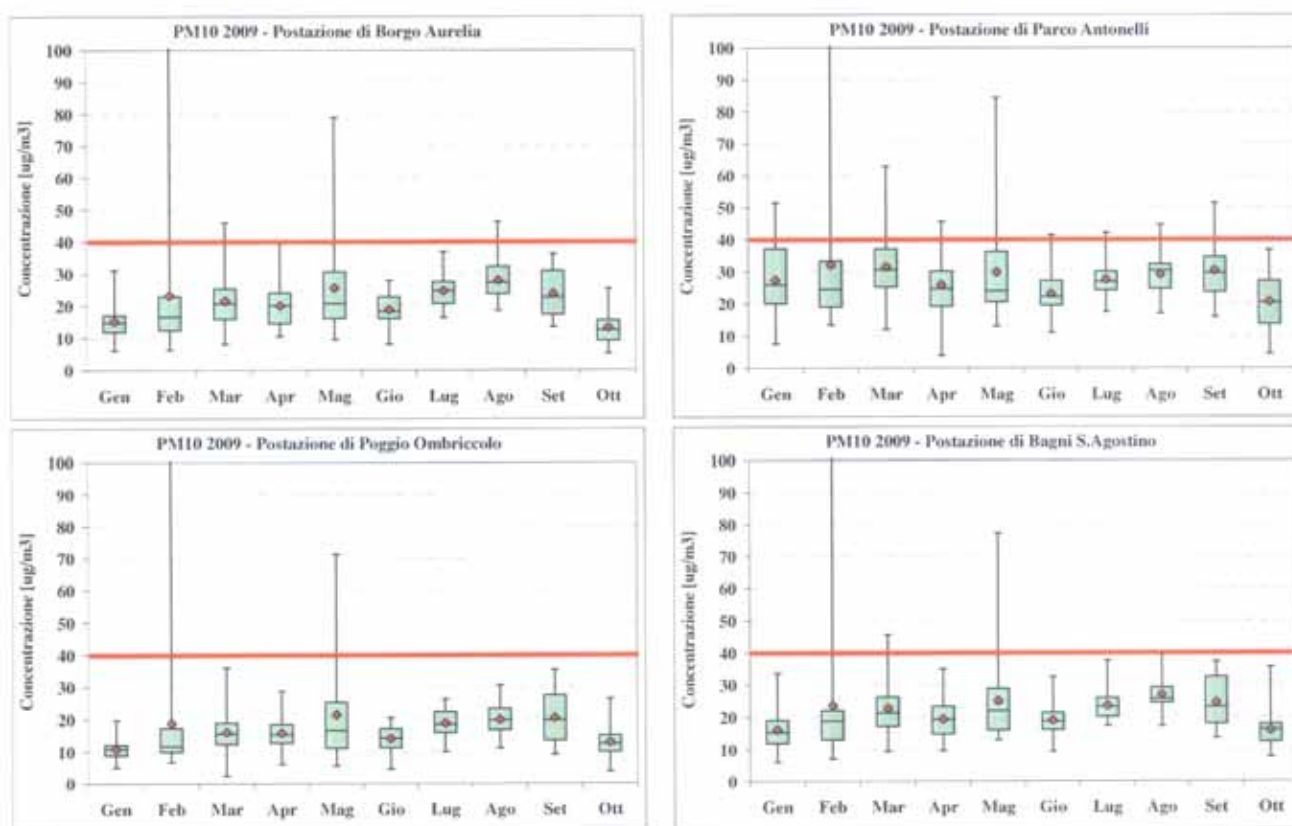
3.1.1 Valori medi mensili di PM10

Nelle figure che seguono, per ciascuna postazione sono stati riassunti in forma grafica i dati mensili di concentrazione di PM10, utilizzando la rappresentazione a "box-and-whisker plot" che consente di confrontare set di dati diversi e visualizzare la dispersione e le asimmetrie di ciascun set di dati. Per ogni serie di dati mensili, sono pertanto rappresentati:

- un rettangolo (box) in cui la linea inferiore e superiore rappresentano il primo e terzo quartile (rispettivamente il 25° e 75° percentile), tagliato da una linea che rappresenta la mediana;
- una linea che parte dal primo quartile e termina al valore minimo del set di dati;
- una linea superiore che parte dal terzo quartile e termina al valore massimo del set di dati.

Il 50% dei dati cadono quindi all'interno del box, mentre del restante 50% dei dati, il 25% ricade sopra il box e un altro 25% ricade sotto il box. La linea mediana divide esattamente a metà il set dei dati.

Nei grafici che seguono, è stato aggiunto il valore medio di ciascun set di dati, rappresentato dal rombo in rosso.



Dai grafici precedenti, si possono notare i seguenti andamenti:

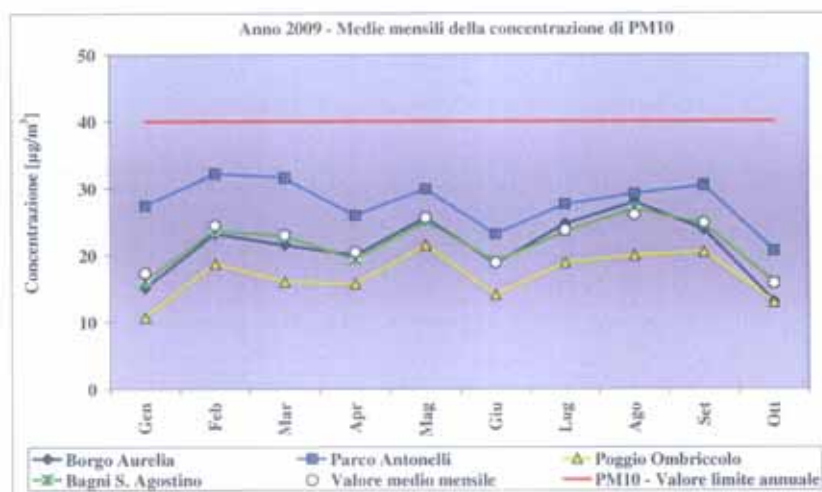
- in tutte le postazioni nei mesi di febbraio e maggio, la distribuzione dei dati è stata fortemente influenzata dagli episodi di elevata polverosità giornaliera descritti in precedenza. Pertanto, la media è di molto maggiore della mediana e la curva di distribuzione dei dati ha una forma fortemente obliqua a destra;
- negli altri mesi, la distribuzione dei dati è più simmetrica e spesso il valor medio è prossimo alla mediana;
- nella postazione urbana di Parco Antonelli, l'ampiezza del box è spesso maggiore di quella riscontrata nelle altre postazioni a parità di periodo temporale, indicando quindi una più ampia dispersione dei valori di concentrazione di PM10;
- considerando i dati da giugno ad ottobre, si nota un progressivo aumento della polverosità media da giugno ad agosto e un brusco calo in ottobre, probabilmente in funzione di mutate condizioni meteorologiche. Mentre da giugno ad agosto, la dispersione di dati di polverosità appare abbastanza

ristretta in tutte le postazioni, il mese di settembre è stato un periodo di ampia variabilità della polverosità ambientale in tutte le postazioni, che si è ripetuto ad ottobre ma solo a Parco Antonelli.

I valori medi mensili di concentrazione di PM10, espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nelle quattro postazioni sono riassunti nella tabella che segue, con indicazione della deviazione standard. E' stato riportato anche un valore medio mensile del comprensorio (colonna "Tutte le postazioni") e la precipitazione umida complessiva nel mese, espressa in mm:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino	Tutte le postazioni	Precipitazioni [mm]
Gennaio	15 ± 5	27 ± 11	11 ± 3	16 ± 6	17 ± 9	36.0
Febbraio	23 ± 28	32 ± 30	19 ± 26	24 ± 26	24 ± 28	54.6
Marzo	21 ± 9	32 ± 12	16 ± 7	23 ± 9	23 ± 11	38.8
Aprile	20 ± 7	26 ± 8	16 ± 5	19 ± 6	20 ± 8	43.0
Maggio	26 ± 15	30 ± 15	21 ± 16	25 ± 13	26 ± 15	4.4
Giugno	19 ± 5	23 ± 7	14 ± 4	19 ± 6	19 ± 6	136.6
Luglio	25 ± 5	28 ± 5	19 ± 4	24 ± 5	24 ± 6	0
Agosto	28 ± 6	29 ± 6	20 ± 5	27 ± 5	26 ± 6	0.4
Settembre	24 ± 7	30 ± 9	20 ± 8	25 ± 8	25 ± 9	49.8
Ottobre	13 ± 5	21 ± 8	13 ± 5	16 ± 6	16 ± 7	39.8

I valori medi mensili della tabella precedente sono messi a confronto nel grafico che segue, in cui la linea rossa indica il valore limite annuale di polverosità, pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$:



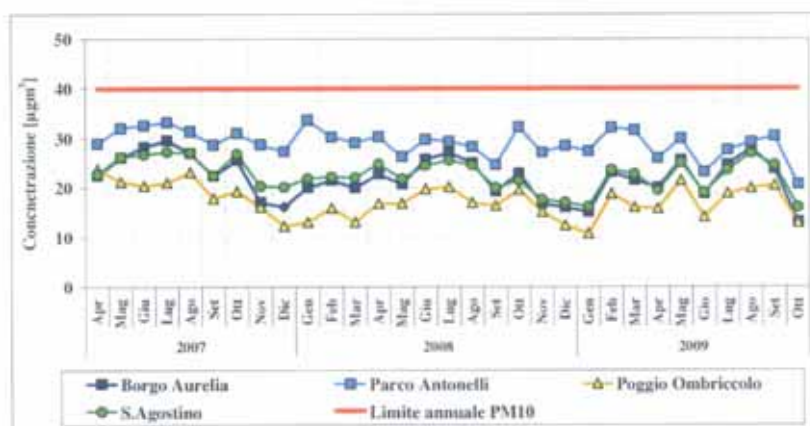
Dal grafico precedente, è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- l'andamento temporale della variazione della concentrazione media mensile di PM10 nelle quattro postazioni è molto simile, indice di una sostanziale uniformità di sorgenti influenzanti il PM10;
- la maggiore polverosità su base mensile si riscontra costantemente nella postazione di Parco Antonelli, la minima a Poggio Ombriccolo, confermando quanto già emerso nel 2007 e nel 2008;
- le concentrazioni medie mensili di PM10 nelle postazioni di Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino sono molto simili tra loro e intermedie tra quelle delle altre due postazioni;
- il valore medio di PM10 del "comprensorio", ottenuto mediando i dati di tutte le postazioni e rappresentato nel grafico precedente dal pallino bianco, è molto simile al dato medio di Bagni S. Agostino;
- i valori medi mensili di PM10 sono rimasti sempre ben al di sotto del valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e sono rimasti anche entro un intervallo di concentrazioni di ampiezza relativamente contenuta, pari a circa una decina di $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nella tabella seguente sono riportati appunto i valori medi mensili minimi e massimi riscontrati in ciascuna postazione, con indicazione del mese in cui è stato riscontrato, e la differenza, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tra il massimo e il minimo di concentrazione di PM10 (Delta Max-Min):

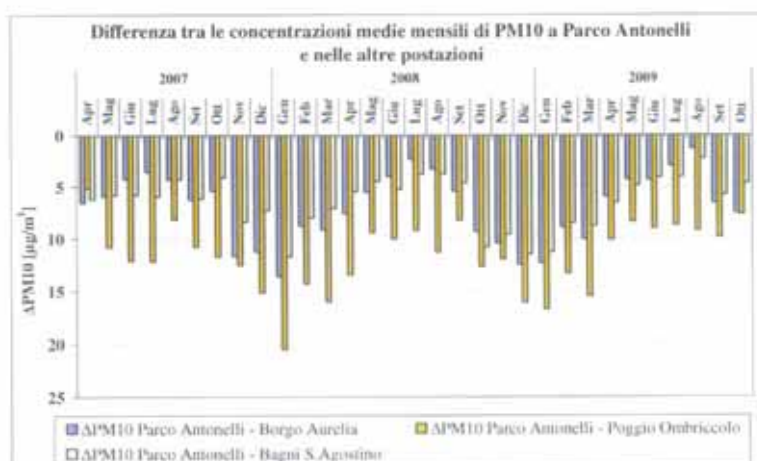
	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Minimo	13.0 (Ott)	20.6 (Ott)	10.7 (Gen)	16.0 (Ott)
Massimo	27.9 (Ago)	32.1 (Feb)	21.5 (Mag)	27.0 (Ago)
Delta Max - Min	14.9	11.5	10.8	11.0

Nel periodo considerato (gennaio – ottobre), l'ampiezza della escursione dei valori di concentrazione tra minima e massima polverosità media mensile è stata dunque di circa $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle postazioni di Parco Antonelli, Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino, di circa $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella postazione di Borgo Aurelia. Da notare che i minimi di polverosità media mensile si sono avuti in ottobre, ad esclusione della postazione di Poggio Ombriccolo, in cui il minimo si è avuto in gennaio. I massimi di polverosità media mensile si sono avuti invece ad agosto nelle postazioni di Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino, in ottobre a Parco Antonelli e in maggio a Poggio Ombriccolo.

Nella figura che segue è mostrato l'andamento della media mensile di PM10 nell'intero periodo di monitoraggio (tre annualità):



Si può notare come nel triennio vi sia stata una fluttuazione ciclica dei valori medi mensili di PM10 nelle postazioni di Borgo Aurelia, Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino, con massimi relativi nel periodo estivo e non in quello invernale. A Parco Antonelli la ciclicità è molto meno accentuata e i massimi di polverosità dell'anno avvengono in inverno, in quanto prevalgono le influenze delle sorgenti locali. Tale effetto può essere messo in evidenza valutando l'andamento della differenza tra la concentrazione media mensile del PM10 a Parco Antonelli e quella nelle altre postazioni. Nella figura che segue è mostrata la variazione di tale differenza, indicata in figura con "ΔPM10", in funzione del mese di monitoraggio:



Dalla figura precedente, appare evidente l'andamento stagionale della differenza tra la concentrazione media mensile del PM10 tra Parco Antonelli e le altre postazioni. Infatti, la differenza di concentrazione tra Parco Antonelli e le altre postazioni è massima nei mesi invernali e tende ai minimi nei mesi estivi. Ciò è dovuto non tanto ad un aumento della concentrazione del PM10 a Parco Antonelli nei mesi invernali, ma all'aumento della polverosità in estate nelle altre postazioni rispetto ai livelli dei mesi invernali. Le massime differenze si hanno tra Parco Antonelli e la postazione rurale di Poggio Ombriccolo che ha quasi sempre la minima concentrazione media mensile di PM10.

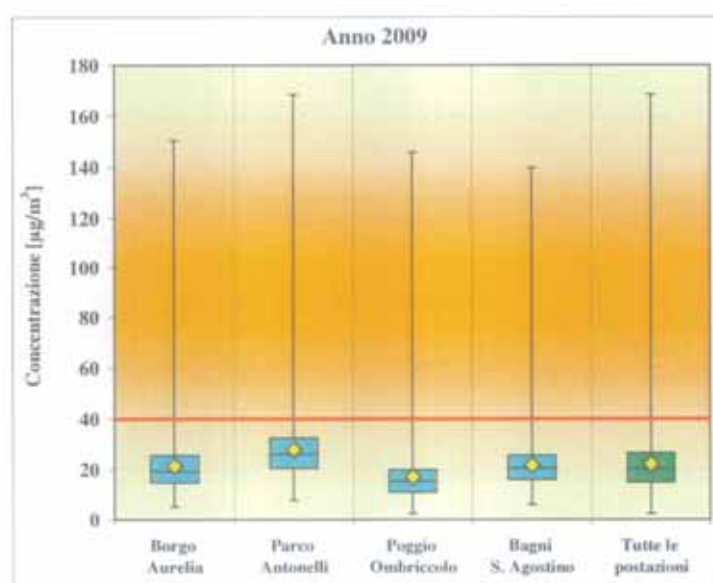
3.1.2 Valori medi annuali del PM10

Nella tabella sottostante sono riportati i dati statistici annuali per tutte le postazioni, sempre espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino	Tutte le postazioni
Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	21.3	27.7	17.0	21.7	22.0
Dev. Stand.	12.0	13.1	11.1	11.1	12.4
Minimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5.1	7.6	2.3	6.0	2.3
Massimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150.5	168.4	145.9	139.8	168.4
Mediana	19.2	26.0	15.3	20.4	20.2
25° percentile	14.6	20.5	11.0	15.9	14.9
50° percentile	19.2	26.0	15.3	20.4	20.2
75° percentile	25.5	32.4	19.8	25.4	26.4
95° percentile	35.3	45.1	30.1	36.1	38.7

Come già anticipato in base ai dati medi mensili, in nessuna postazione si è superato il valore di soglia annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Su base annuale, tenendo sempre presente che ci si riferisce al periodo gennaio – ottobre 2009, la massima polverosità media si è riscontrata ancora nella postazione urbana di Parco Antonelli ($27.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), la minima nella postazione rurale di Poggio Ombriccolo ($17.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Le postazioni di Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino hanno avuto una polverosità intermedia tra le precedenti postazioni con valori molto simili tra di loro (rispettivamente 21.3 e $21.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La polverosità media annuale dell'intero comprensorio risulta essere di $22.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nella figura sottostante, la distribuzione dei dati annuali è rappresentata in forma grafica a box con "whisker plot", analogamente a quelli dei dati medi mensili e con lo stesso significato.



Relativamente alla dispersione dei dati annuali, la distribuzione risulterebbe quasi normale se si escludessero i valori anomali di polverosità di febbraio e maggio che elevano in maniera notevole i massimi e quindi innalzano anche la media. Tenendoli inclusi, media e mediana differiscono comunque per meno di $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutte le postazioni.

Rispetto ai dati medi annuali del 2007 e 2008, la polverosità del 2009, sia riferita alle singoli postazioni sia riferita a tutto il comprensorio, è minore rispetto ai dati del 2007 e pressoché equivalente ai dati del 2008, come appare dal confronto riportato nel prospetto sottostante:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino	Tutte le postazioni
2007	24 ± 11	31 ± 12	19 ± 8	25 ± 12	25 ± 12
2008	22 ± 9	29 ± 12	16 ± 7	22 ± 8	22 ± 10
2009	21 ± 12	28 ± 13	17 ± 11	22 ± 11	22 ± 12

3.2 Caratterizzazione chimica del particolato PM10

Come introdotto al par. 2.2, il particolato PM10 raccolto su filtri in teflon, è stato caratterizzato per i seguenti gruppi di parametri:

- *Microinquinanti inorganici:*
Al, As, Be, Cr, Co, Ni, Cd, Hg, Tl, Se, Te, Sb, Mn, Pd, Pt, Pb, Cu, Rh, Sn, V, Zn, Ti
- *Sostanze influenzanti l'acidità atmosferica:*
Ca, Na, Mg, K, NH_4 , SO_4^{2-} , NO_3^- e Cl^-

Nei paragrafi seguenti, sono riassunti i valori medi di metalli e specie ioniche riscontrate nel particolato PM10 nel primo anno di indagine e si riportano alcune considerazioni sui valori rilevati.

Per quanto riguarda il calcolo del valore medio, si sono adottate le indicazioni contenute nel Rapporto ISTISAN 04/15 ⁽³⁾, in quanto i valori di concentrazione sono spesso inferiori al limite di rivelabilità (LdR). In particolare, i criteri adottati, conformemente al documento di riferimento, sono i seguenti:

- dato che i LdR di ciascun analita sono molto bassi, quando un parametro ha una concentrazione inferiore al LdR, i calcoli della media sono stati eseguiti utilizzando la metà del valore del LdR;
- la deviazione standard è stata calcolata quando si poteva disporre di almeno il 50% di valori maggiori del LdR. Appare chiaro, quindi, che si tratta di un valore puramente indicativo della variabilità del dato;
- nel caso in cui, per un dato analita, più del 50% dei singoli valori di concentrazione è inferiore al LdR, non si è proceduto al calcolo della deviazione standard e nelle tabelle compare la dicitura "n.c." (non calcolabile).

Conseguentemente a quanto sopra, nelle tabelle riportate nei prossimi paragrafi, il valore medio può coincidere col limite di rivelabilità.

3.2.1 Metalli nel particolato PM10

Le concentrazioni **medie mensili** e le deviazioni standard dei metalli nel periodo da Gennaio a Ottobre 2009 rilevati in ciascuna delle postazioni di misura sono riportati nella tabelle che seguono.

³ A cura di E. Menichini e G. Viviano: "Trattamento dei dati inferiori al limite di rilevanza nel calcolo dei risultati analitici", Rapporto ISTISAN 04/15, 2004

Le concentrazioni mensili di metalli nel particolato PM10 della postazione di **Borgo Aurelia** sono mostrate di seguito:

	Postazione di Borgo Aurelia					
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Al [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.55 ± 0.64	0.05 ± n.c.	2.06 ± 3.81	0.05 ± n.c.	1.21 ± 0.62	0.87 ± 0.49
As [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.
Be [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.
Co [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.
Cr [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.010 ± 0.003	0.004 ± 0.002	0.010 ± 0.005	0.015 ± 0.007	0.009 ± 0.008	0.017 ± 0.009
Cu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.008 ± 0.004	0.004 ± n.c.	0.005 ± 0.003	0.006 ± 0.003	0.009 ± 0.005	0.004 ± n.c.
Hg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± 0.0001	0.0001 ± 0.0001
Mn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003 ± 0.003	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.005 ± 0.004	0.007 ± 0.005	0.005 ± 0.003
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.003 ± 0.002	0.007 ± 0.006	0.011 ± 0.009
Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± 0.002	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.002	0.004 ± 0.002	0.004 ± 0.002	0.003 ± 0.001
Pd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.
Pt [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.
Rh [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Sb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.
Se [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.
Sn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.011 ± 0.020	0.002 ± n.c.	0.003 ± 0.002	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Te [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Ti [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.016 ± 0.015	0.006 ± 0.005	0.016 ± 0.017	0.011 ± 0.011	0.076 ± 0.088
Tl [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.
V [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Zn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.005 ± 1.247	0.012 ± 0.614	0.014 ± 0.604	0.007 ± 1.416	0.125 ± 1.785	0.118 ± 4.626

	Postazione di Borgo Aurelia					
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Al [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.69 ± 0.41	1.70 ± 2.10	1.45 ± 1.89	0.15 ± 0.13	-	-
As [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	-	-
Be [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	-	-
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	-	-
Co [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	-	-
Cr [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.021 ± 0.008	0.010 ± 0.001	0.011 ± 0.009	0.006 ± 0.003	-	-
Cu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.014 ± 0.007	0.020 ± 0.016	0.007 ± 0.007	-	-
Hg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0001 ± 0.0001	0.0001 ± 0.0001	0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± n.c.	-	-
Mn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.017 ± 0.031	0.012 ± 0.003	0.009 ± 0.006	0.003 ± 0.001	-	-
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.008 ± 0.006	0.011 ± 0.005	0.003 ± 0.003	0.003 ± 0.001	-	-
Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± 0.001	0.003 ± 0.002	0.006 ± 0.005	0.005 ± 0.008	-	-
Pd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	-	-
Pt [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0006 ± 0.0005	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	-	-
Rh [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	-	-
Sb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 ± n.c.	0.001 ± 0.001	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	-	-
Se [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	-	-
Sn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	-	-
Te [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	-	-
Ti [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.024 ± 0.048	0.125 ± 0.019	0.099 ± 0.012	0.023 ± 0.030	-	-
Tl [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	-	-
V [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	-	-
Zn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.095 ± 2.183	0.091 ± 1.516	0.077 ± 4.738	0.138 ± 1.598	-	-

Le concentrazioni mensili di metalli nel particolato PM10 della postazione di **Parco Antonelli** sono riportate di seguito:

Postazione di Parco Antonelli						
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Al [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.68 ± 0.49	0.05 ± n.c.	0.25 ± 0.36	0.96 ± 2.04	1.17 ± 0.37	0.81 ± 0.23
As [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.
Be [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.
Co [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.
Cr [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.010 ± 0.003	0.006 ± 0.006	0.016 ± 0.010	0.011 ± 0.005	0.010 ± 0.007	0.009 ± 0.001
Cu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.015 ± 0.008	0.006 ± 0.004	0.009 ± 0.003	0.012 ± 0.009	0.024 ± 0.007	0.015 ± 0.008
Hg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Mn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.008 ± 0.006	0.004 ± 0.003	0.006 ± 0.003	0.010 ± 0.005	0.015 ± 0.005	0.008 ± 0.002
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.006 ± 0.005	0.003 ± 0.002	0.002 ± n.c.	0.004 ± 0.003	0.007 ± 0.006	0.009 ± 0.003
Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± 0.002	0.003 ± 0.003	0.005 ± 0.005	0.003 ± 0.002	0.006 ± 0.001	0.004 ± 0.001
Pd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.
Pt [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.
Rh [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0005 ± 0.0006	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Sb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± 0.001	0.003 ± 0.005	0.008 ± 0.015	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.002
Se [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.
Sn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± 0.004	0.033 ± 0.069	0.016 ± 0.028	0.005 ± 0.008	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Te [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Ti [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.061 ± 0.050	0.022 ± 0.010	0.040 ± 0.050	0.004 ± n.c.	0.015 ± 0.026
Tl [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.
V [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Zn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± 1.39	0.010 ± 1.13	0.034 ± 2.45	0.016 ± 1.89	0.061 ± 2.33	0.074 ± 1.55

Postazione di Parco Antonelli						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Al [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.73 ± 0.26	0.40 ± 0.25	0.36 ± 0.23	0.24 ± 0.26	-	-
As [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	-	-
Be [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	-	-
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	-	-
Co [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	-	-
Cr [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.019 ± 0.010	0.010 ± 0.002	0.012 ± 0.003	0.007 ± 0.004	-	-
Cu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.012 ± 0.007	0.015 ± 0.006	0.012 ± 0.011	0.024 ± 0.020	-	-
Hg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± n.c.	-	-
Mn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.006 ± 0.004	0.012 ± 0.003	0.013 ± 0.006	0.007 ± 0.004	-	-
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.015 ± 0.010	0.005 ± 0.003	0.002 ± n.c.	0.004 ± 0.003	-	-
Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.005 ± 0.005	0.004 ± 0.003	-	-
Pd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	-	-
Pt [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0005 ± 0.0003	0.0004 ± n.c.	0.0013 ± 0.0019	-	-
Rh [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	-	-
Sb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 ± n.c.	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.002	0.001 ± 0.001	-	-
Se [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	-	-
Sn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.003 ± 0.002	0.003 ± 0.001	-	-
Te [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	-	-
Ti [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.194 ± 0.095	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.045 ± 0.042	-	-
Tl [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	-	-
V [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	-	-
Zn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.072 ± 2.18	0.356 ± 1.26	0.117 ± 3.61	0.142 ± 1.57	-	-

Le concentrazioni mensili di metalli nel particolato PM10 della postazione di **Poggio Ombriccolo** sono mostrate nella tabella seguente:

Postazione di Poggio Ombriccolo						
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Al [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.93 \pm 0.88	0.05 \pm n.c.	0.05 \pm n.c.	0.05 \pm n.c.	0.79 \pm 0.32	1.02 \pm 0.74
As [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 \pm n.c.	0.004 \pm n.c.	0.004 \pm n.c.	0.004 \pm n.c.	0.004 \pm n.c.	0.004 \pm n.c.
Be [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 \pm n.c.	0.0002 \pm n.c.	0.0002 \pm n.c.	0.0002 \pm n.c.	0.0002 \pm n.c.	0.0002 \pm n.c.
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.
Co [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.
Cr [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.009 \pm 0.005	0.003 \pm 0.002	0.005 \pm 0.004	0.009 \pm 0.006	0.011 \pm 0.008	0.010 \pm 0.002
Cu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 \pm n.c.	0.017 \pm 0.012	0.004 \pm n.c.	0.004 \pm n.c.	0.004 \pm n.c.	0.004 \pm n.c.
Hg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0001 \pm n.c.	0.0001 \pm n.c.	0.0001 \pm n.c.	0.0001 \pm n.c.	0.0001 \pm n.c.	0.0001 \pm 0.0001
Mn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 \pm 0.003	0.002 \pm n.c.	0.002 \pm n.c.	0.004 \pm 0.002	0.005 \pm 0.004	0.008 \pm 0.010
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 \pm n.c.	0.002 \pm n.c.	0.002 \pm n.c.	0.002 \pm n.c.	0.004 \pm 0.002	0.004 \pm 0.004
Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003 \pm 0.003	0.002 \pm 0.002	0.004 \pm 0.004	0.002 \pm 0.001	0.003 \pm 0.000	0.002 \pm 0.001
Pd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0010 \pm n.c.	0.0010 \pm n.c.	0.0010 \pm n.c.	0.0010 \pm n.c.	0.0010 \pm n.c.	0.0010 \pm n.c.
Pt [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.
Rh [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 \pm n.c.	0.0002 \pm n.c.	0.0002 \pm n.c.	0.0002 \pm n.c.	0.0002 \pm n.c.	0.0002 \pm n.c.
Sb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 \pm n.c.	0.001 \pm n.c.	0.001 \pm n.c.	0.014 \pm 0.022	0.001 \pm n.c.	0.001 \pm n.c.
Se [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.012 \pm n.c.	0.012 \pm n.c.	0.012 \pm n.c.	0.012 \pm n.c.	0.012 \pm n.c.	0.012 \pm n.c.
Sn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 \pm n.c.	0.003 \pm 0.002	0.002 \pm n.c.	0.130 \pm 0.221	0.002 \pm n.c.	0.002 \pm n.c.
Te [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 \pm n.c.	0.002 \pm n.c.	0.002 \pm n.c.	0.002 \pm n.c.	0.002 \pm n.c.	0.002 \pm n.c.
Ti [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 \pm n.c.	0.009 \pm 0.004	0.009 \pm 0.008	0.024 \pm 0.035	0.004 \pm n.c.	0.004 \pm n.c.
Tl [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 \pm n.c.	0.001 \pm n.c.	0.001 \pm n.c.	0.001 \pm n.c.	0.001 \pm n.c.	0.001 \pm n.c.
V [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.02 \pm n.c.	0.02 \pm n.c.	0.02 \pm n.c.	0.02 \pm n.c.	0.02 \pm n.c.	0.02 \pm n.c.
Zn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 \pm 1.19	0.023 \pm 0.61	0.022 \pm 0.98	0.004 \pm 1.46	0.153 \pm 0.28	0.050 \pm 0.88

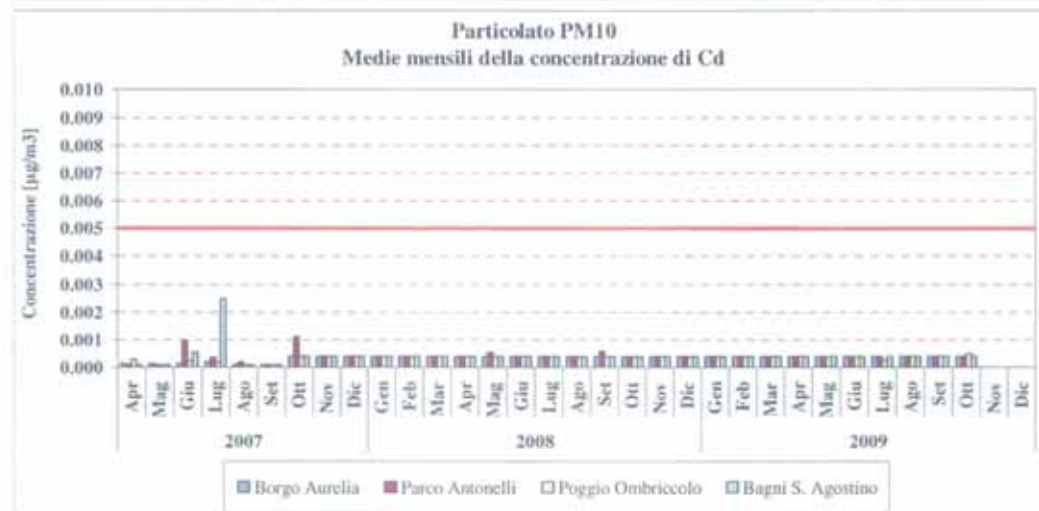
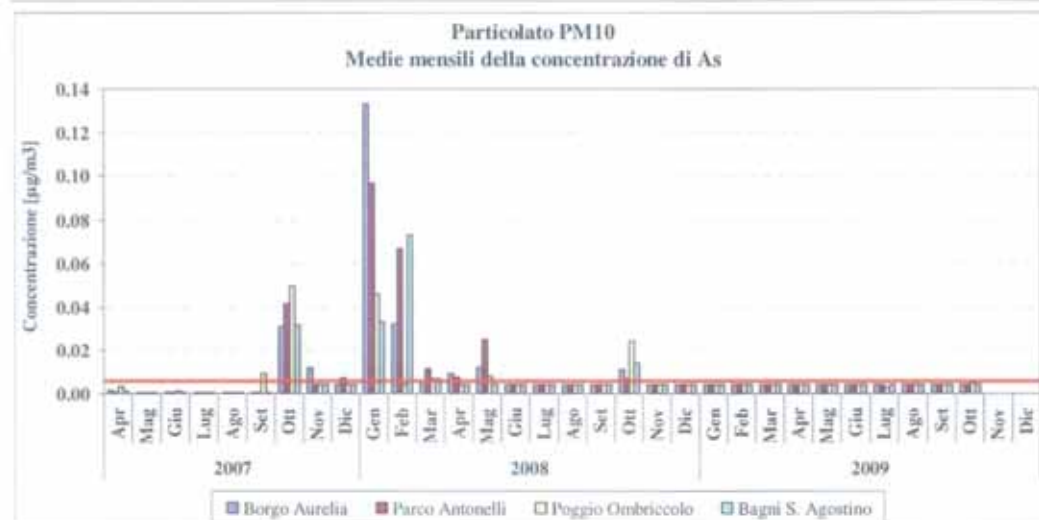
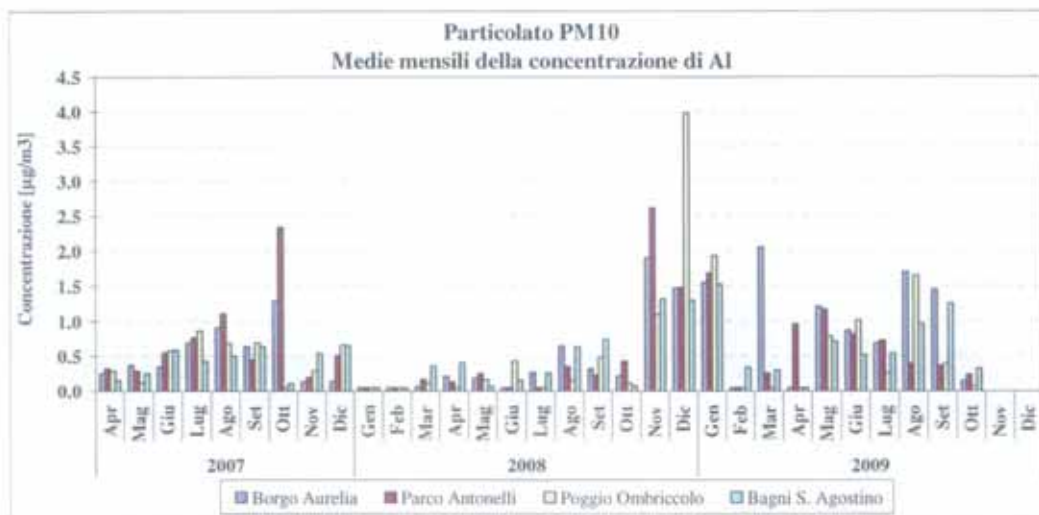
Postazione di Poggio Ombriccolo						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Al [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.26 \pm 0.22	1.65 \pm 2.27	0.39 \pm 0.40	0.06 \pm n.c.	-	-
As [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003 \pm 0.002	0.004 \pm n.c.	0.004 \pm n.c.	0.005 \pm n.c.	-	-
Be [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0001 \pm 0.0001	0.0002 \pm n.c.	0.0002 \pm n.c.	0.0003 \pm n.c.	-	-
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0003 \pm 0.0002	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0005 \pm n.c.	-	-
Co [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0003 \pm 0.0002	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0005 \pm n.c.	-	-
Cr [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.008 \pm 0.007	0.002 \pm n.c.	0.004 \pm 0.003	0.010 \pm n.c.	-	-
Cu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003 \pm 0.002	0.013 \pm 0.001	0.004 \pm n.c.	0.005 \pm n.c.	-	-
Hg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0000 \pm 0.0000	0.0001 \pm n.c.	0.0001 \pm n.c.	0.0001 \pm n.c.	-	-
Mn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 \pm 0.001	0.012 \pm 0.001	0.007 \pm 0.006	0.003 \pm n.c.	-	-
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 \pm 0.001	0.006 \pm 0.001	0.004 \pm 0.002	0.003 \pm n.c.	-	-
Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 \pm 0.002	0.012 \pm 0.010	0.004 \pm 0.006	0.001 \pm n.c.	-	-
Pd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0007 \pm 0.0006	0.0010 \pm n.c.	0.0010 \pm n.c.	0.0013 \pm n.c.	-	-
Pt [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0003 \pm 0.0002	0.0004 \pm n.c.	0.0004 \pm n.c.	0.0005 \pm n.c.	-	-
Rh [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0001 \pm 0.0001	0.0002 \pm n.c.	0.0002 \pm n.c.	0.0003 \pm n.c.	-	-
Sb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 \pm 0.001	0.001 \pm n.c.	0.001 \pm n.c.	0.001 \pm n.c.	-	-
Se [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.008 \pm 0.007	0.012 \pm n.c.	0.012 \pm n.c.	0.015 \pm n.c.	-	-
Sn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 \pm 0.001	0.002 \pm n.c.	0.002 \pm n.c.	0.003 \pm n.c.	-	-
Te [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 \pm 0.001	0.002 \pm n.c.	0.002 \pm n.c.	0.003 \pm n.c.	-	-
Ti [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003 \pm 0.002	0.057 \pm 0.076	0.085 \pm 0.015	0.005 \pm n.c.	-	-
Tl [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 \pm 0.001	0.001 \pm n.c.	0.001 \pm n.c.	0.001 \pm n.c.	-	-
V [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.01 \pm 0.01	0.02 \pm n.c.	0.02 \pm n.c.	0.03 \pm n.c.	-	-
Zn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003 \pm 1.67	0.516 \pm 5.96	0.414 \pm 6.06	0.097 \pm n.c.	-	-

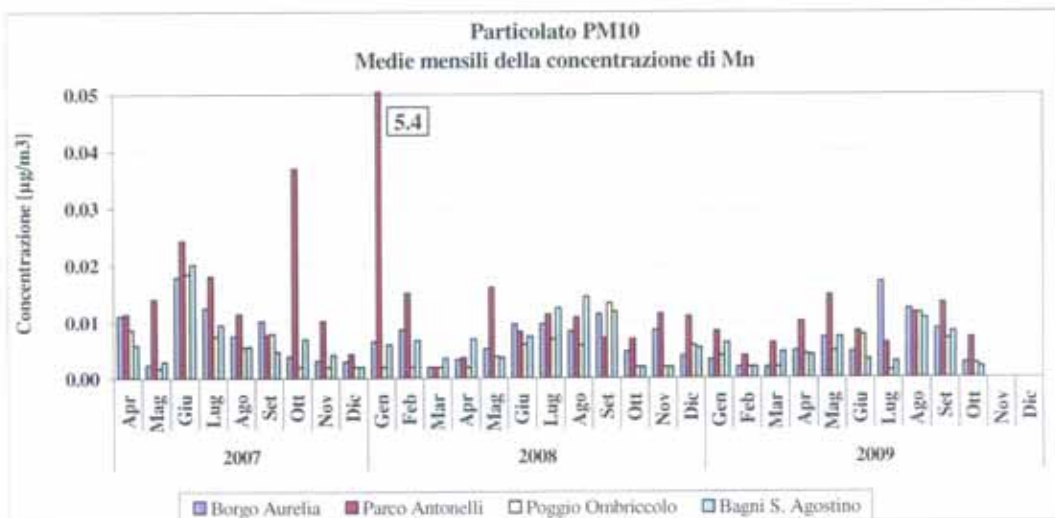
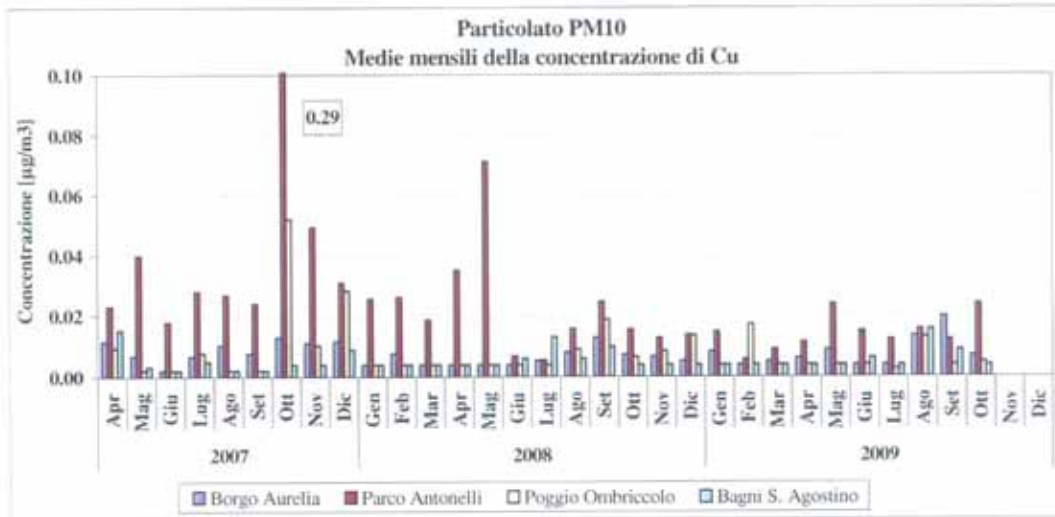
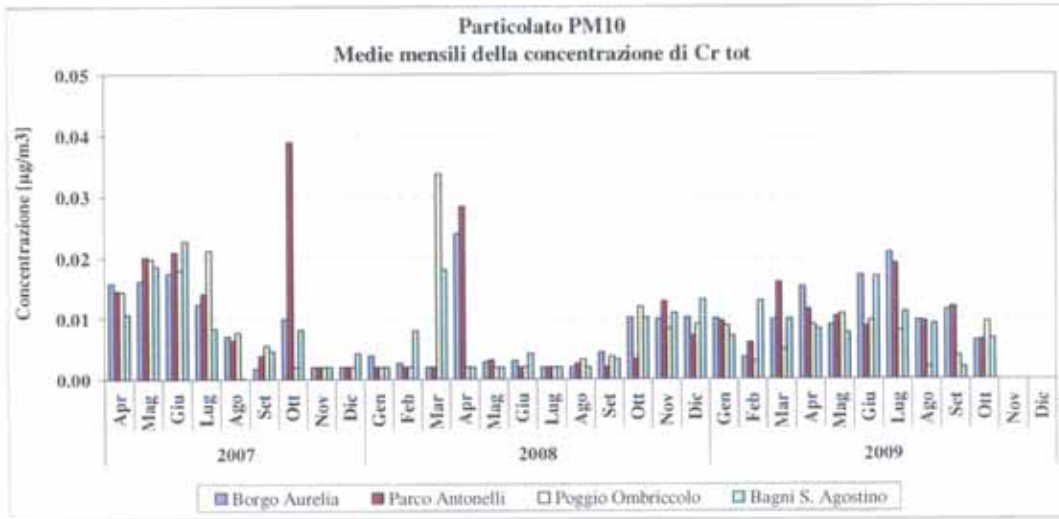
Le concentrazioni mensili di metalli nel particolato PM10 della postazione di **Bagni S. Agostino** sono riportate nella tabella seguente:

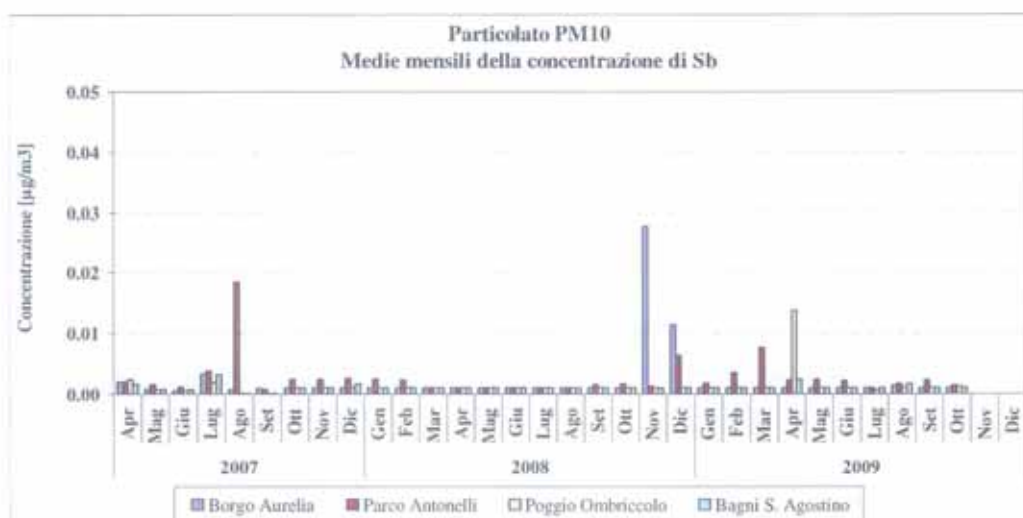
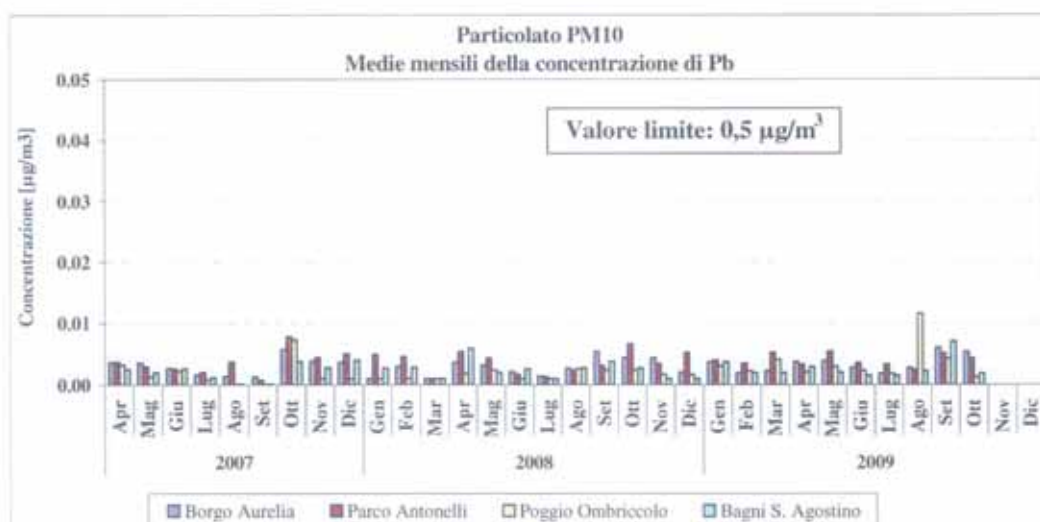
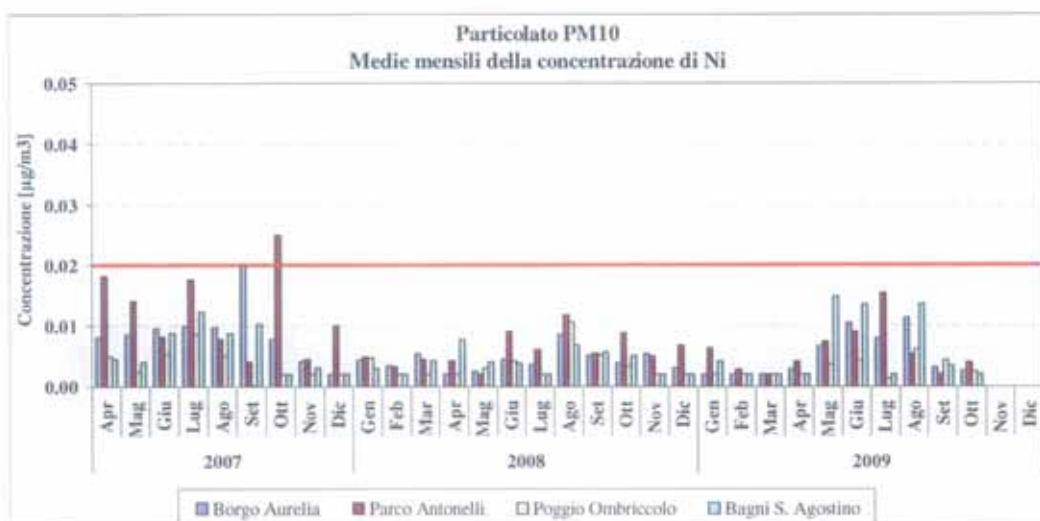
Postazione di Bagni S. Agostino						
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Al [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.52 ± 1.09	0.34 ± 0.31	0.30 ± 0.35	0.05 ± n.c.	0.71 ± 0.64	0.52 ± 0.41
As [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.
Be [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.
Co [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.
Cr [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.007 ± 0.002	0.013 ± 0.002	0.010 ± 0.004	0.008 ± 0.006	0.008 ± 0.008	0.017 ± 0.010
Cu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.006 ± 0.004
Hg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Mn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.006 ± 0.006	0.002 ± n.c.	0.005 ± 0.004	0.004 ± 0.004	0.007 ± 0.008	0.003 ± 0.002
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± 0.003	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.015 ± 0.002	0.014 ± 0.011
Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± 0.004	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.001	0.003 ± 0.002	0.002 ± 0.001	0.001 ± 0.001
Pd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.
Pt [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.
Rh [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Sb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.002 ± 0.002	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.
Se [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.
Sn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± 0.003	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.024 ± 0.038	0.002 ± n.c.	0.005 ± 0.005
Te [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Ti [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.007 ± 0.005	0.019 ± 0.006	0.021 ± 0.002	0.028 ± 0.034	0.004 ± n.c.
Tl [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.
V [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Zn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± 2.02	0.025 ± 0.64	0.007 ± 0.37	0.004 ± 1.71	0.173 ± 0.15	0.151 ± 1.60

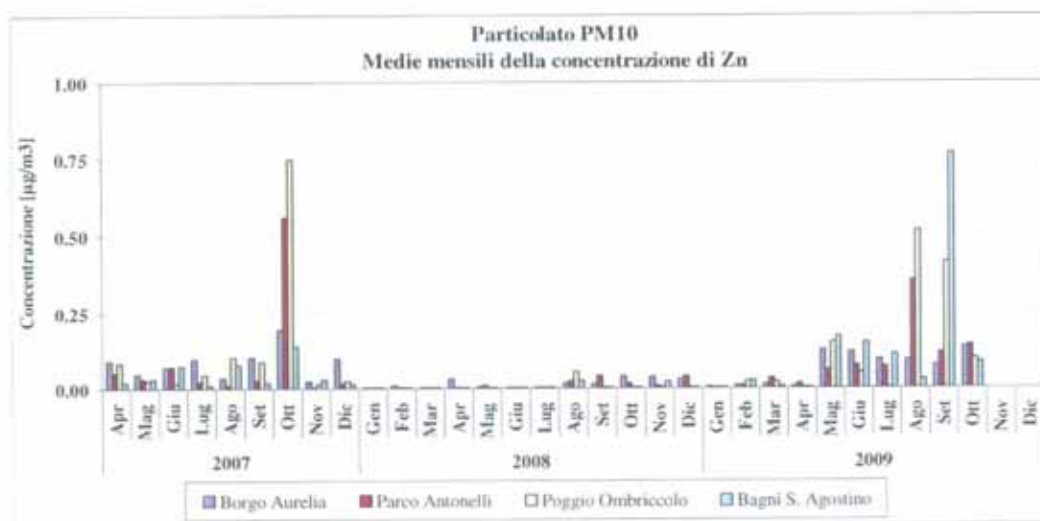
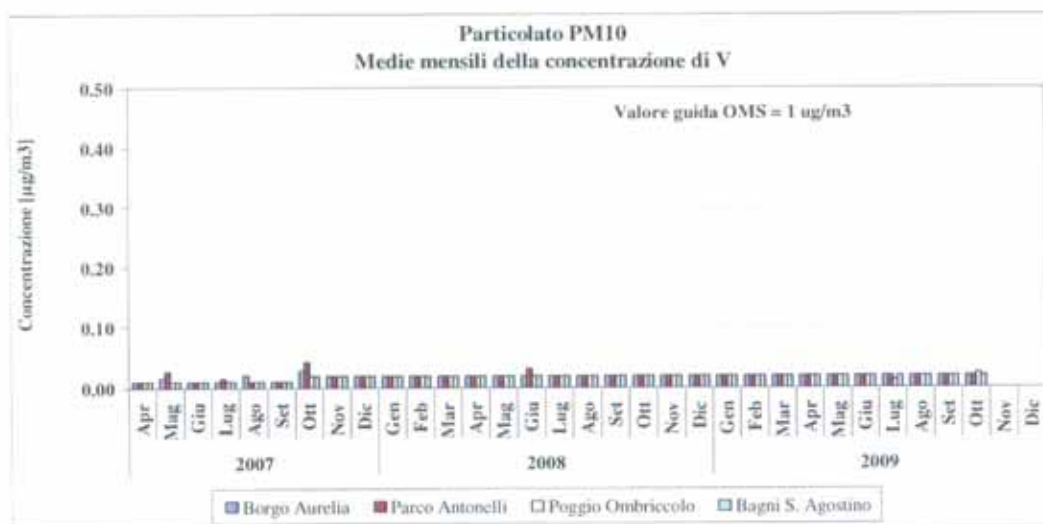
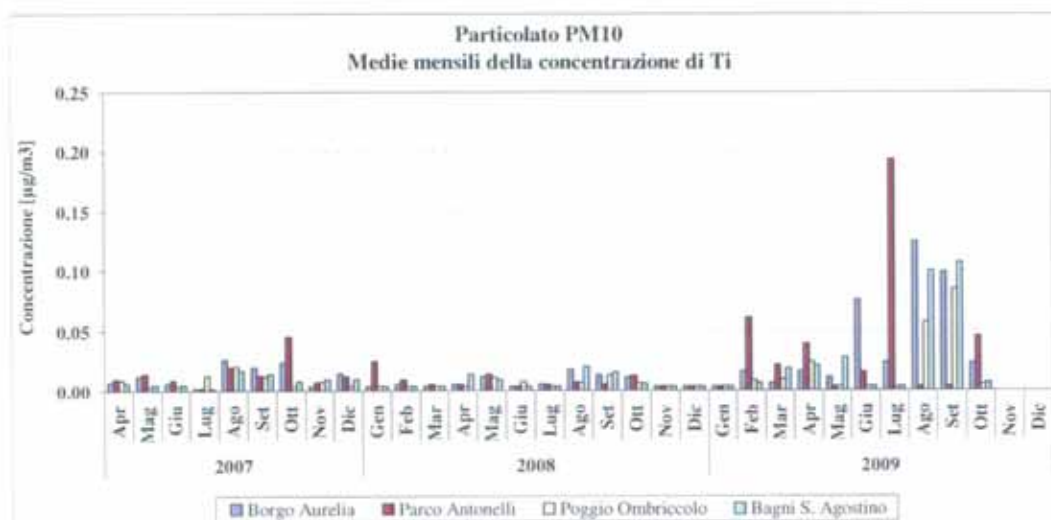
Postazione di Bagni S. Agostino						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Al [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.54 ± 0.09	0.97 ± 0.38	1.25 ± 1.13	0.32 ± 0.38	-	-
As [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	-	-
Be [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	-	-
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	-	-
Co [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	-	-
Cr [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.011 ± 0.005	0.009 ± 0.001	0.002 ± n.c.	0.007 ± 0.001	-	-
Cu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.015 ± 0.001	0.009 ± 0.009	0.004 ± n.c.	-	-
Hg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± 0.0001	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	-	-
Mn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003 ± 0.002	0.011 ± 0.003	0.008 ± 0.006	0.002 ± n.c.	-	-
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± n.c.	0.014 ± 0.007	0.003 ± 0.003	0.002 ± n.c.	-	-
Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 ± 0.001	0.002 ± 0.002	0.007 ± 0.005	0.002 ± 0.001	-	-
Pd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	-	-
Pt [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	-	-
Rh [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	-	-
Sb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 ± n.c.	0.002 ± 0.001	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	-	-
Se [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	-	-
Sn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	-	-
Te [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	-	-
Ti [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004 ± n.c.	0.100 ± 0.013	0.107 ± 0.012	0.007 ± 0.004	-	-
Tl [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	-	-
V [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	-	-
Zn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.112 ± 2.53	0.030 ± 1.22	0.766 ± 5.27	0.086 ± 1.08	-	-

Nelle successive figure, per alcuni dei metalli rilevati nel particolato PM10, le concentrazioni medie mensili del 2009 sono confrontate con gli andamenti riscontrati nel 2007 e 2008. Per i metalli per cui esiste un valore limite o un valore guida della normativa italiana, nel grafico è riportata una linea rossa in corrispondenza di tale valore. Allo stesso modo, è stato indicato con una linea blu un valore guida indicato da WHO:









Facendo riferimento alle tabelle e figure precedenti, per il periodo temporale considerato, si possono fare le seguenti considerazioni:

- la concentrazione di **Alluminio** (Al) nel PM10 è risultata molto variabile con forti oscillazioni da un mese all'altro, specie nei primi mesi del 2009. Le concentrazioni maggiori sono state rilevate in gennaio e in agosto. Come già evidenziato per i dati del 2007 e 2008, è probabile, che l'entità della presenza di Al nel PM10 vada associato alla componente terrigena piuttosto che ad emissioni industriali;
- da gennaio ad ottobre '09, le concentrazioni di **Arsenico** (As) in tutte le postazioni sono rimaste inferiori al valore obiettivo del Dlgs 152/2007 e sempre equivalenti al limite di rilevabilità in aria ($0.004 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Negli anni precedenti si erano invece osservate notevoli variazioni della concentrazione di As nel PM10 e le forti differenze da un mese all'altro erano state associate a possibili apporti di polveri crustali dai terreni circostanti la zona di Civitavecchia, i quali sono notoriamente molto ricchi di minerali naturali dell'Arsenico;
- il **Cadmio** (Cd) non è stato mai rilevato a concentrazioni superiori al limite di rilevabilità in aria ($0.0004 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nelle postazioni di Borgo Aurelia, Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino. A Parco Antonelli, il Cd è stato rilevato in circa il 3% dei campioni. Tale andamento è analogo a quello riscontrato nel 2008;
- l'andamento delle concentrazioni medie mensili del **Cromo** nel 2009 richiama quelle degli ultimi mesi del 2008 (ottobre – dicembre) e di aprile – luglio del 2007, con ordine di grandezza simile. Rispetto agli anni precedenti, è stato praticamente sempre rilevato nel PM10;
- la concentrazione di **Rame** (Cu) anche nel 2009 con elevata frequenza è stata maggiore nella postazione urbana di Parco Antonelli. In letteratura, la presenza contemporanea di Cu e **Antimonio** (Sb) nel particolato fine urbano è stata associata all'usura degli apparati frenanti degli autoveicoli (^{4,5}), il **Piombo** (Pb) al risollevarsi delle polveri stradali, che contengono ancora il Pb derivato dagli antidetonanti metallorganici usati nelle benzine. In effetti, nel corso del 2009 come già avvenuto nel 2007 e 2008, l'antimonio è stato più frequentemente rilevato nella postazione di Parco Antonelli. In aprile, si è riscontrata una concentrazione significativa di Sb anche a Poggio Ombriccolo. La concentrazione di Pb nel PM10 del 2009 appare ubiquitaria, con concentrazioni medie mensili abbastanza omogenee tra le postazioni e dello stesso ordine di grandezza degli anni precedenti. L'unico dato singolare è la elevata concentrazione media di Pb a Poggio Ombriccolo in agosto. Come già osservato nel 2007 – '08, si ha un lieve calo della concentrazione del Pb nei mesi estivi, seguito da un altrettanto lieve rialzo nei mesi invernali, probabilmente associato alla variazione di intensità del traffico. Nei mesi invernali, il Pb viene frequentemente rilevato a concentrazioni relativamente più elevate nelle due postazioni con maggior volume di traffico (Parco Antonelli e Borgo Aurelia) e ciò rappresenta un notevole fattore di coerenza delle misure con le evidenze di letteratura. In ogni caso, la concentrazione di Pb, in tutte le postazioni è stata sempre di almeno 100 volte inferiore al limite nazionale di $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (DM 60 del 02.04.02);
- le concentrazioni medie mensili di **Manganese** (Mn), in analogia con quanto osservato nel 2007-'08, hanno avuto ancora un andamento ciclico con massimi relativi nel periodo estivo. A parità di periodi temporali, è frequente osservare concentrazioni più elevate a Parco Antonelli, anche se saltuariamente si hanno massimi relativi mensili in altre postazioni;
- relativamente a **Nichel** (Ni) e **Vanadio** (V), normalmente associati alla combustione di oli e gasoli pesanti, solo il primo è stato riscontrato con elevata frequenza in tutte le postazioni. Il V, al contrario, è pressoché quasi assente nel PM10 del comprensorio di Civitavecchia, almeno a valori di concentrazione superiori al limite di rilevabilità in aria ($0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Per quanto riguarda il Ni, si osserva un netto rialzo della sua concentrazione media mensile tra maggio ed agosto, per poi diminuire a valori di concentrazione simili a quelli invernali. Da notare che le concentrazioni massime mensili di Ni si sono avute in tutte le postazioni tra giugno ed agosto in coincidenza con la maggiore attività portuale turistica. Si confermerebbe quindi l'ipotesi di

⁴ Morawska L.; Zhang J, 2002. Chemosphere 49 (9), 1045-1058

⁵ Birmili W., Allen A., Bary F., Harrison R. 2006. Environmental Science & Technology 14 (4), 1144-1153

influenze dovute alle emissioni dei motori diesel delle navi, il cui traffico aumenta appunto nei mesi estivi, specie per quanto riguarda i traghetti;

- nel corso del 2009 si è osservato un aumento crescente delle concentrazioni di **Titanio (Ti)** da gennaio a settembre, ma con frequenti elevate variazioni di concentrazione da un mese all'altro nella stessa postazione. Dato che il Ti viene normalmente associato alle polveri di origine crustale, ciò rifletterebbe saltuarie influenze terrigena sul PM10;
- le concentrazioni medie mensili dello **Zinco (Zn)** hanno avuto un andamento simile a quello del Titanio;
- Be, Co, Hg, Pd, Pt, Rh, Se, Sn e Te sono stati rilevati saltuariamente (meno del 10% dei campioni) o addirittura non sono mai risultati maggiori del rispettivo LdR in aria.

3.2.1.1 Valori medi annuali di metalli nel PM10

Nelle tabelle che seguono, sono riportate le statistiche **annuali** di concentrazione dei metalli nel PM10. Nelle postazioni di Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino, come introdotto in precedenza, sono stati eseguiti un numero inferiore di campionamenti, in accordo col protocollo analitico stabilito con ARPA Lazio. Per il calcolo dei valori medi, si è fatto riferimento alle indicazioni contenute nel già citato Rapporto ISTISAN 04/15:

- quando la concentrazione di un parametro è stata inferiore al limite di rilevabilità (LdR), il calcolo della media è stato eseguito utilizzando la metà del valore del LdR. Quanto in nessun campione si è determinato un valore maggiore del LdR, il parametro è stato evidenziato in rosso corsivo;
- la deviazione standard è stata calcolata quando almeno nel 50% dei campioni (colonna “%>LdR”) si è determinato un valore maggiore del limite di rivelabilità;
- nelle colonne “ N_{tot} ” è stato indicato il numero di campioni prelevati in ambiente mentre nelle colonne “ n_{LdR} ” il numero di campioni con concentrazione superiore al limite di rivelabilità;
- se un metallo non è stato mai rilevato in nessun campione compare uno zero nella colonna “%>LdR” e il valore medio corrisponde al LdR;
- nelle tabelle sono stati inclusi anche altri valori statistici quali mediana, 25° e 75° percentile, minima e massima concentrazione dell'anno, calcolate quando almeno tre valori sono risultati maggiori del LdR:

Borgo Aurelia										
Valori statistici 2009 per metalli										
	Media	Dev Stand	N_{tot}	n_{LdR}	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Al [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.97	1.54	51	33	65	0.57	0.05	1.23	0.05	8.80
As [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	<i>0.004</i>	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Be [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	<i>0.0002</i>	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	<i>0.0004</i>	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Co [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	<i>0.0004</i>	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cr [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.011	0.0076	51	44	86	0.009	0.006	0.016	0.002	0.033
Cu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.008	n.c.	51	18	35	0.004	0.004	0.011	0.004	0.046
Hg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.00007	n.c.	51	8	16	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
Mn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.007	n.c.	51	23	45	0.002	0.002	0.008	0.002	0.081
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.005	n.c.	51	18	35	0.002	0.002	0.007	0.002	0.022
Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003	0.003	51	31	61	0.003	0.001	0.004	0.001	0.019
Pd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	<i>0.0010</i>	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Pt [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004	n.c.	51	1	2	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Rh [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	<i>0.0002</i>	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001	n.c.	51	1	2	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Se [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	<i>0.012</i>	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003	n.c.	51	3	6	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Te [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	<i>0.002</i>	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Ti [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.040	0.0520	51	27	53	0.011	0.004	0.070	0.004	0.229
Tl [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	<i>0.001</i>	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
V [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	<i>0.02</i>	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Zn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.069	0.09	51	33	65	0.021	0.004	0.102	0.004	0.360

Parco Antonelli										
Valori statistici 2009 per metalli										
	Media	Dev Stand	N_{tot}	n_{LdR}	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Al [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.67	0.79	51	34	67	0.53	0.05	0.91	0.05	4.61
As [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Be [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Co [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cr [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.011	0.0068	51	44	86	0.011	0.007	0.013	0.002	0.031
Cu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.014	0.010	51	36	71	0.012	0.004	0.020	0.004	0.055
Hg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.00006	n.c.	51	3	6	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Mn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.009	0.005	51	43	84	0.008	0.006	0.012	0.002	0.021
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.006	n.c.	51	24	47	0.002	0.002	0.009	0.002	0.027
Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004	0.003	51	39	76	0.004	0.002	0.005	0.001	0.014
Pd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0010	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Pt [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0005	n.c.	51	2	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Rh [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002	n.c.	51	1	2	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003	n.c.	51	15	29	0.001	0.001	0.003	0.001	0.034
Se [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.012	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.007	n.c.	51	9	18	0.002	0.002	0.002	0.002	0.156
Te [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Ti [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.042	n.c.	51	23	45	0.004	0.004	0.036	0.004	0.255
Tl [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
V [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.02	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Zn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.088	0.12	51	39	76	0.047	0.011	0.120	0.004	0.601

Poggio Ombriccolo										
Valori statistici 2009 per metalli										
	Media	Dev Stand	N_{tot}	n_{LdR}	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Al [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.62	0.87	23	13	57	0.29	0.05	0.83	0.05	3.26
As [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004	n.c.	23	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Be [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002	n.c.	23	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004	n.c.	23	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Co [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004	n.c.	23	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cr [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.007	0.0046	23	15	65	0.008	0.002	0.012	0.002	0.016
Cu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.007	n.c.	23	5	22	0.004	0.004	0.004	0.004	0.026
Hg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.00005	n.c.	23	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Mn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.005	n.c.	23	10	43	0.002	0.002	0.006	0.002	0.019
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003	n.c.	23	7	30	0.002	0.002	0.004	0.002	0.008
Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.004	0.004	23	15	65	0.003	0.001	0.004	0.001	0.019
Pd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0010	n.c.	23	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Pt [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0004	n.c.	23	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Rh [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0002	n.c.	23	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.003	n.c.	23	2	9	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Se [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.012	n.c.	23	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.019	n.c.	23	3	13	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Te [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.002	n.c.	23	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Ti [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.023	n.c.	23	9	39	0.004	0.004	0.013	0.004	0.111
Tl [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.001	n.c.	23	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
V [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.02	n.c.	23	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Zn [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.129	0.22	23	12	52	0.011	0.004	0.153	0.004	0.856

Bagni S. Agostino Valori statistici 2009 per metalli										
	Media	Dev Stand	N _{tot}	n _{LdR}	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Al [µg/m ³]	0.63	0.64	25	18	72	0.55	0.05	0.73	0.05	2.54
As [µg/m ³]	0.004	n.c.	25	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Be [µg/m ³]	0.0002	n.c.	25	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cd [µg/m ³]	0.0004	n.c.	25	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Co [µg/m ³]	0.0004	n.c.	25	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cr [µg/m ³]	0.0090	0.0059	25	20	80	0.009	0.005	0.013	0.002	0.023
Cu [µg/m ³]	0.006	n.c.	25	4	16	0.004	0.004	0.004	0.004	0.019
Hg [µg/m ³]	0.00005	n.c.	25	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Mn [µg/m ³]	0.005	n.c.	25	10	40	0.002	0.002	0.008	0.002	0.013
Ni [µg/m ³]	0.006	n.c.	25	8	32	0.002	0.002	0.006	0.002	0.024
Pb [µg/m ³]	0.003	n.c.	25	12	48	0.001	0.001	0.003	0.001	0.010
Pd [µg/m ³]	0.0010	n.c.	25	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Pt [µg/m ³]	0.0004	n.c.	25	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Rh [µg/m ³]	0.0002	n.c.	25	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sb [µg/m ³]	0.001	n.c.	25	2	8	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Se [µg/m ³]	0.012	n.c.	25	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sn [µg/m ³]	0.005	n.c.	25	3	12	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Te [µg/m ³]	0.002	n.c.	25	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Ti [µg/m ³]	0.030	0.040	25	13	52	0.010	0.004	0.023	0.004	0.119
Tl [µg/m ³]	0.001	n.c.	25	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
V [µg/m ³]	0.02	n.c.	25	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Zn [µg/m ³]	0.151	0.27	25	18	72	0.083	0.004	0.122	0.004	1.125

Infine, nella tabella che segue, sono raggruppati i valori medi annuali per il 2009 dei metalli che hanno un valore limite (DM 60 del 02/04/2002), obiettivo (Dlgs n.152 del 03/08/2007) o guida secondo WHO. Per confronto, sono stati riportati anche quelli del 2007 e 2008. Come si può notare, nessun metallo nel 2009 supera i valori della normativa.

Sostanza	Periodo di osservazione	Rif. Legislativo o linea guida	Unità misura	Valore limite o guida	Media anno 2007	Media anno 2008	Media anno 2009
As - Arsenico nel PM10	Anno civile	Dlgs n.152 del 03/08/2007	ng/m ³	6	6	17	4
Cd - Cadmio nel PM10	Anno	Dlgs n.152 del 03/08/2007	ng/m ³	5	0.4	0.4	0.4
Ni - Nickel nel PM10	Anno	Dlgs n.152 del 03/08/2007	ng/m ³	20	8	5	5
Pb - Piombo nel PM10	Anno	DM n. 60 del 02/04/2002	µg/m ³	0.5	0.003	0.003	0.004
Mn - Manganese	Anno	WHO, Air quality guidelines, 2000	µg/m ³	0.15	0.01	0.01	0.01
Hg - Mercurio	Anno	WHO, Air quality guidelines, 2000	µg/m ³	1	0.00005	0.00005	0.00006
Pt - Platino	-	WHO, Air quality guidelines, 2000		(*)	0.0008	0.0004	0.0004
V - Vanadio	24 ore	WHO, Air quality guidelines, 2000	µg/m ³	1	0.02	0.02	0.02
Cr VI - Cromo esavalente	-	WHO, Air quality guidelines, 2000		4 x 10 ⁻² (**)	0.01 µg/m ³	0.01 µg/m ³	0.01 µg/m ³

Note:

(*) Per il Pt non è stato fissato un valore guida. Reazioni allergiche si segnalano intorno a 0.05 µg/m³.

(**) Per Cr VI è definita una unità di rischio, che rappresenta l'incremento di rischio di contrarre cancro per una popolazione esposta tutta la vita ad una concentrazione di 1 µg/m³.

3.2.2 Specie ioniche nel particolato PM10

Le concentrazioni medie mensili delle specie ioniche analizzate nei campioni di ciascuna postazione nel periodo da gennaio a ottobre 2009 sono mostrate nelle tabelle che seguono. Per il calcolo sono stati adottati i criteri descritti al par. 3.2.1.

Le concentrazioni medie mensili di specie ioniche nel particolato PM10 della postazione di **Borgo Aurelia** sono riportate di seguito:

Postazione di Borgo Aurelia - 2009						
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
SO4 ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.54 ± 1.26	1.72 ± 0.21	2.76 ± 1.77	3.14 ± 0.44	3.02 ± 0.59	5.60 ± 3.97
NO3 ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.81 ± 1.44	1.37 ± 1.30	2.91 ± 2.79	1.58 ± 0.18	0.78 ± 0.11	3.33 ± 4.07
Cl ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.15 ± 0.31	0.81 ± 0.15	2.50 ± 0.13	0.23 ± 0.34	0.05 ± 0.46	1.99 ± 0.40
Ca [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.27 ± 1.05	0.25 ± 0.85	0.39 ± 1.86	0.69 ± 0.17	0.66 ± 0.69	0.53 ± 4.06
Na [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.87 ± 0.15	0.62 ± 0.12	2.78 ± 0.24	1.60 ± 0.06	1.17 ± 0.06	2.23 ± 0.54
Mg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.11 ± 0.06	0.06 ± 0.04	0.28 ± 0.05	0.04 ± 0.04	0.04 ± 0.06	0.32 ± 0.13
K [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.15 ± 0.31	0.12 ± 0.28	0.16 ± 0.37	0.13 ± 0.35	0.10 ± 0.55	0.24 ± 0.82
NH4 ⁺ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.47 ± 1.04	0.54 ± 0.72	0.60 ± 0.91	0.73 ± 1.41	0.86 ± 1.64	1.25 ± 3.84

Postazione di Borgo Aurelia - 2009						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
SO4 ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	5.34 ± 0.62	5.26 ± 1.64	6.17 ± 1.51	2.21 ± 0.52	-	-
NO3 ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.91 ± 1.04	2.08 ± 2.45	1.63 ± 2.23	1.17 ± 0.18	-	-
Cl ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.63 ± 0.34	1.34 ± 0.24	1.13 ± 0.40	0.16 ± 0.17	-	-
Ca [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.74 ± 0.82	1.22 ± 1.96	0.63 ± 1.80	0.34 ± 0.99	-	-
Na [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.24 ± 0.12	1.63 ± 0.24	1.28 ± 0.21	1.39 ± 0.06	-	-
Mg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.17 ± 0.05	0.22 ± 0.09	0.15 ± 0.15	0.05 ± 0.05	-	-
K [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.14 ± 0.70	0.21 ± 0.53	0.22 ± 1.40	0.10 ± 0.43	-	-
NH4 ⁺ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.23 ± 2.31	1.22 ± 1.78	1.61 ± 4.79	0.41 ± 1.60	-	-

I valori medi mensili di concentrazione di specie ioniche nel particolato PM10 della postazione di **Parco Antonelli** sono mostrati nelle tabelle che seguono:

Postazione di Parco Antonelli - 2009						
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
SO4 ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.69 ± 1.68	0.82 ± 1.00	4.14 ± 1.67	1.86 ± 1.14	5.18 ± 0.54	4.23 ± 1.64
NO3 ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2.20 ± 2.76	0.70 ± 0.25	3.85 ± 4.52	1.22 ± 0.33	0.98 ± 0.24	2.35 ± 2.28
Cl ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2.19 ± 0.58	0.16 ± 0.30	4.46 ± 0.37	0.34 ± 1.22	0.18 ± 0.72	1.44 ± 0.19
Ca [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.17 ± 1.82	0.22 ± 0.18	1.08 ± 2.38	1.14 ± 0.48	1.58 ± 0.21	0.95 ± 1.85
Na [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.51 ± 0.26	0.13 ± 0.01	3.45 ± 0.34	0.52 ± 0.07	0.29 ± 0.08	1.60 ± 0.23
Mg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.18 ± 0.09	0.00 ± 0.04	0.38 ± 0.08	0.08 ± 0.13	0.06 ± 0.04	0.22 ± 0.06
K [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.19 ± 0.18	0.02 ± 0.30	0.27 ± 1.04	0.14 ± 0.37	0.16 ± 0.57	0.17 ± 0.65
NH4 ⁺ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.22 ± 1.05	0.22 ± 1.08	0.92 ± 2.73	0.37 ± 1.78	1.28 ± 2.34	0.92 ± 1.57

Postazione di Parco Antonelli - 2009						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
SO4 ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	5.40 ± 0.90	5.50 ± 1.73	5.71 ± 1.29	2.11 ± 0.93	-	-
NO3 ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2.38 ± 1.54	2.04 ± 2.76	1.91 ± 3.22	1.55 ± 0.32	-	-
Cl ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.28 ± 0.27	1.45 ± 0.18	1.91 ± 0.62	0.41 ± 0.44	-	-
Ca [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.91 ± 1.19	1.07 ± 2.02	1.58 ± 2.44	0.85 ± 0.50	-	-
Na [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.66 ± 0.15	1.71 ± 0.24	1.80 ± 0.28	0.70 ± 0.06	-	-
Mg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.25 ± 0.04	0.22 ± 0.08	0.23 ± 0.10	0.04 ± 0.07	-	-
K [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.19 ± 0.74	0.19 ± 0.41	0.24 ± 1.20	0.12 ± 0.34	-	-
NH4 ⁺ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.27 ± 2.44	1.05 ± 1.49	1.26 ± 3.97	0.43 ± 1.54	-	-

Le concentrazioni medie mensili di specie ioniche nel particolato PM10 della postazione di **Poggio Ombriccolo** sono riportate di seguito:

		Postazione di Poggio Ombriccolo - 2009					
		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
SO4--	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.32 \pm 1.11	1.58 \pm 0.22	2.16 \pm 0.76	2.74 \pm 0.39	2.67 \pm 0.20	2.31 \pm 0.69
NO3-	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.31 \pm 0.54	1.39 \pm 0.08	1.23 \pm 3.00	0.78 \pm 0.07	0.77 \pm 0.00	1.03 \pm 0.00
Cl-	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.39 \pm 0.33	0.05 \pm 0.06	2.13 \pm 0.10	0.05 \pm 0.23	0.01 \pm 0.38	0.01 \pm 0.12
Ca	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.24 \pm 0.81	0.10 \pm 0.09	0.15 \pm 1.68	0.36 \pm 0.07	0.54 \pm 0.13	0.39 \pm 0.32
Na	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.59 \pm 0.11	0.08 \pm 0.00	1.66 \pm 0.24	0.36 \pm 0.00	0.13 \pm 0.00	0.38 \pm 0.05
Mg	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.09 \pm 0.03	0.01 \pm 0.10	0.18 \pm 0.03	0.01 \pm 0.09	0.01 \pm 0.06	0.06 \pm 0.08
K	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.13 \pm 0.40	0.11 \pm 0.36	0.14 \pm 0.55	0.11 \pm 0.44	0.05 \pm 0.01	0.10 \pm 0.32
NH4+	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.42 \pm 0.99	0.70 \pm 0.61	0.54 \pm 1.40	0.87 \pm 1.44	0.91 \pm 0.25	0.53 \pm 0.83

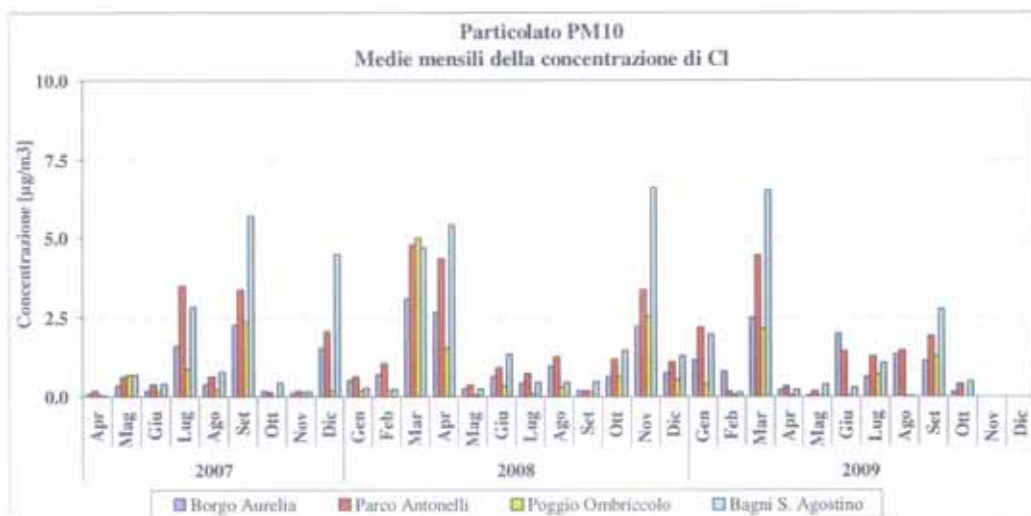
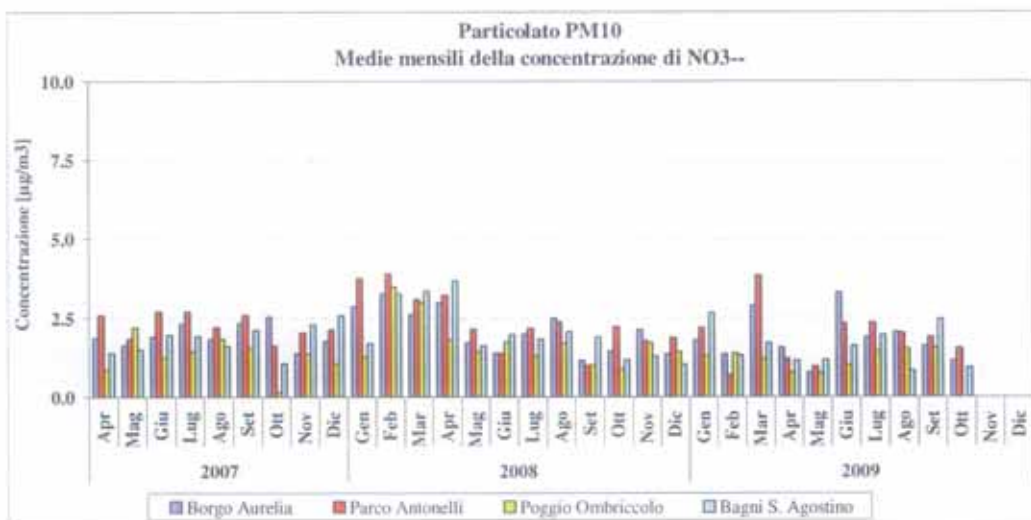
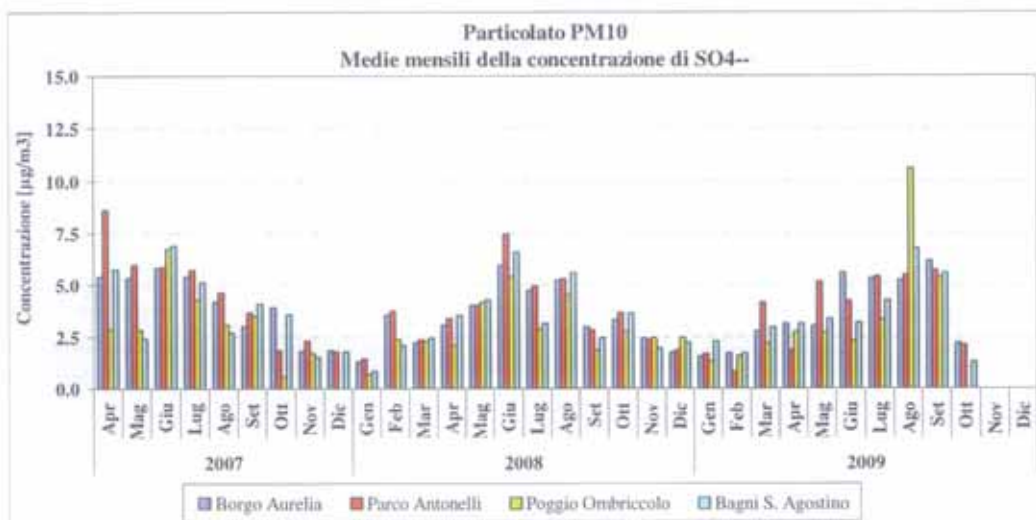
		Postazione di Poggio Ombriccolo - 2009					
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
SO4--	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	3.34 \pm 0.49	10.62 \pm 1.07	5.38 \pm 1.04	-	-	-
NO3-	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.47 \pm 1.22	1.55 \pm 0.01	1.59 \pm 1.66	-	-	-
Cl-	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.72 \pm 0.34	0.02 \pm 0.84	1.28 \pm 0.29	-	-	-
Ca	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.52 \pm 1.05	1.12 \pm 0.64	0.40 \pm 1.62	-	-	-
Na	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.88 \pm 0.13	0.80 \pm 0.01	1.55 \pm 0.18	-	-	-
Mg	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.13 \pm 0.05	0.02 \pm 0.01	0.20 \pm 0.20	-	-	-
K	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.15 \pm 0.65	0.29 \pm 1.31	0.19 \pm 2.13	-	-	-
NH4+	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.92 \pm 1.91	2.57 \pm 5.81	1.58 \pm 6.29	-	-	-

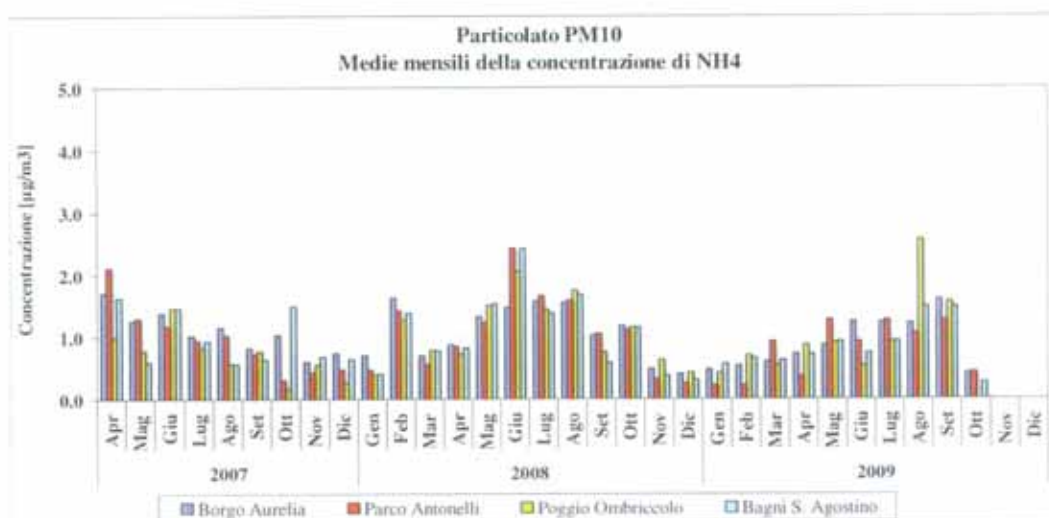
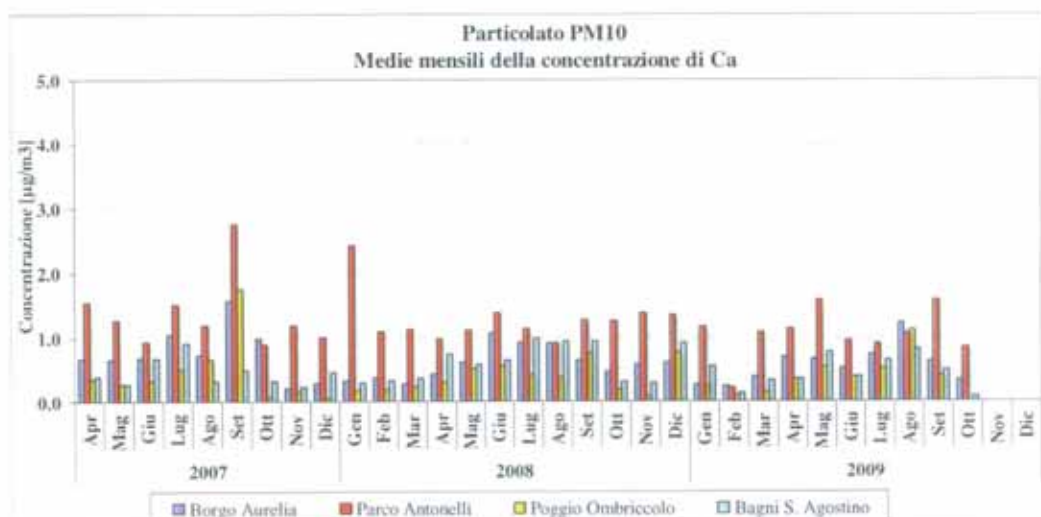
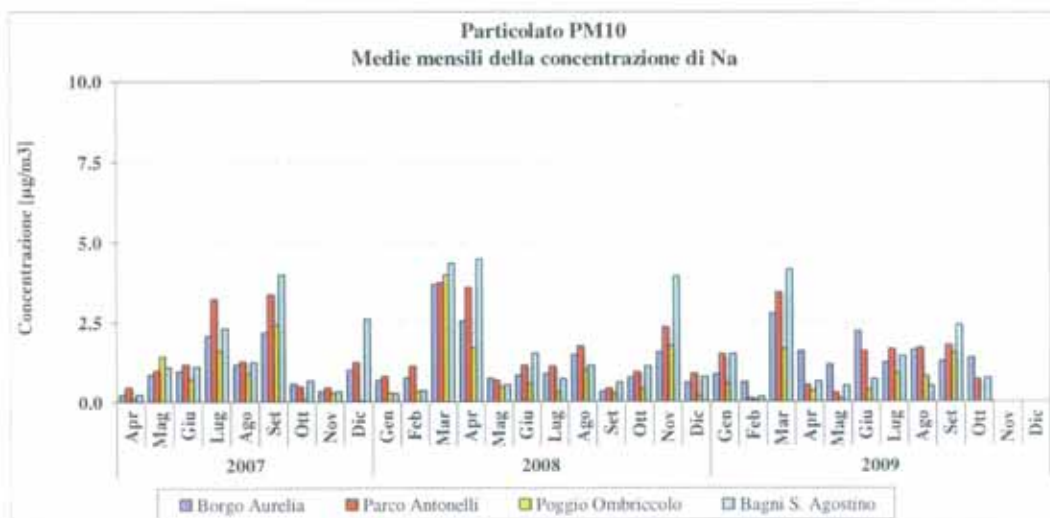
Le concentrazioni medie mensili di specie ioniche nel particolato PM10 della postazione di **Bagni S. Agostino** sono inserite nelle tabelle sottostanti:

		Postazione di Bagni S. Agostino - 2009					
		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
SO4--	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2.28 \pm 1.72	1.70 \pm 0.04	2.96 \pm 1.08	3.14 \pm 0.22	3.35 \pm 0.60	3.20 \pm 0.87
NO3-	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2.68 \pm 2.56	1.32 \pm 0.02	1.73 \pm 8.65	1.17 \pm 0.10	1.19 \pm 0.53	1.63 \pm 0.20
Cl-	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.96 \pm 0.67	0.13 \pm 0.04	6.53 \pm 0.26	0.23 \pm 0.25	0.39 \pm 0.37	0.31 \pm 0.08
Ca	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.56 \pm 2.08	0.14 \pm 0.09	0.33 \pm 5.43	0.36 \pm 0.34	0.77 \pm 0.44	0.40 \pm 0.56
Na	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.51 \pm 0.28	0.17 \pm 0.00	4.17 \pm 0.67	0.64 \pm 0.08	0.52 \pm 0.10	0.71 \pm 0.07
Mg	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.21 \pm 0.05	0.01 \pm 0.08	0.48 \pm 0.17	0.05 \pm 0.09	0.08 \pm 0.04	0.09 \pm 0.02
K	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.20 \pm 0.08	0.14 \pm 0.31	0.20 \pm 0.42	0.12 \pm 0.28	0.12 \pm 0.22	0.11 \pm 0.44
NH4+	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.56 \pm 1.50	0.65 \pm 0.63	0.62 \pm 1.70	0.71 \pm 1.65	0.93 \pm 0.04	0.74 \pm 1.54

		Postazione di Bagni S. Agostino - 2009					
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
SO4--	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	4.25 \pm 0.45	6.78 \pm 0.31	5.59 \pm 1.37	1.31 \pm 0.74	-	-
NO3-	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.98 \pm 1.17	0.84 \pm 0.00	2.48 \pm 3.35	0.95 \pm 0.43	-	-
Cl-	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.07 \pm 0.22	0.01 \pm 0.31	2.75 \pm 0.35	0.50 \pm 0.00	-	-
Ca	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.65 \pm 0.95	0.82 \pm 0.03	0.50 \pm 2.58	0.09 \pm 0.08	-	-
Na	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.44 \pm 0.11	0.50 \pm 0.06	2.43 \pm 0.33	0.74 \pm 0.00	-	-
Mg	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.21 \pm 0.03	0.05 \pm 0.14	0.28 \pm 0.18	0.01 \pm 0.06	-	-
K	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.13 \pm 0.76	0.24 \pm 0.26	0.22 \pm 2.01	0.05 \pm 0.32	-	-
NH4+	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.93 \pm 2.76	1.49 \pm 1.21	1.49 \pm 5.73	0.26 \pm 1.06	-	-

Nelle figure che seguono, i dati delle tabelle precedenti sono riportati in forma di istogrammi per valutare gli andamenti delle concentrazioni mensili delle specie ioniche rilevate nel particolato PM10:





Facendo riferimento alle tabelle e figure precedenti, si possono fare le seguenti considerazioni:

- le specie ioniche ricercate sono state riscontrate in quasi tutti i campioni esaminati e sono tra le componenti principali del PM10;
- in tutte le postazioni, è visibile il ciclo stagionale dei solfati, in cui si hanno minime concentrazioni nei mesi invernali e massime nei mesi estivi.
- allo stesso modo dei solfati, ma con meno evidenza, si può cogliere un altrettanto tipico ciclo stagionale per i nitrati, il cui massimo si colloca nei mesi invernali e il minimo nel periodo invernale;
- anche nel 2009, così come per gli anni precedenti, le concentrazioni di Na e Cl mostrano un andamento correlato. In letteratura Na e Cl sono sempre associati alla presenza di NaCl di origine marina, salvo limitati casi particolari di sorgenti locali. La concentrazione dei cloruri è risultata saltuariamente inferiore al limite di rilevabilità o inferiore alla concentrazione teorica nel NaCl marino. L'apparente assenza nei filtri prelevati a Civitavecchia di cloruri da cloruro di sodio marino è in realtà conseguenza di un ben noto problema, indicato in letteratura come "chloride depletion" (diminuzione dei cloruri), ed è dovuto alla reazione tra sali marini e nitrati e solfati acidi, sia durante il trasporto dello spray marino sia durante il campionamento. Dalla reazione tra cloruri marini e acidi si forma HCl che volatilizza. Ne consegue che il particolato si arricchisce di nitrati e solfati⁽⁶⁾. Inoltre, recenti studi hanno dimostrato che i nitrati presenti nelle frazioni grossolane e fini del particolato urbano si possono formare per la reazione di HNO₃ con i sali marini, specie quando gli aerosol marini incontrano masse di aria inquinata, ma non sono escluse anche reazioni dirette con SO₂⁽⁷⁾. La diminuzione della concentrazione dei cloruri, pertanto, si spiega attraverso la reazione di HNO₃ o H₂SO₄, acquosi o gassosi, con NaCl marino oppure per adsorbimento della SO₂ gassosa nelle gocce di aerosol la quale si ossida facilmente a H₂SO₄;
- l'andamento temporale delle concentrazioni medie mensili di ammonio è molto simile a quello dei solfati e suggerisce che esiste una buona correlazione tra queste due specie.

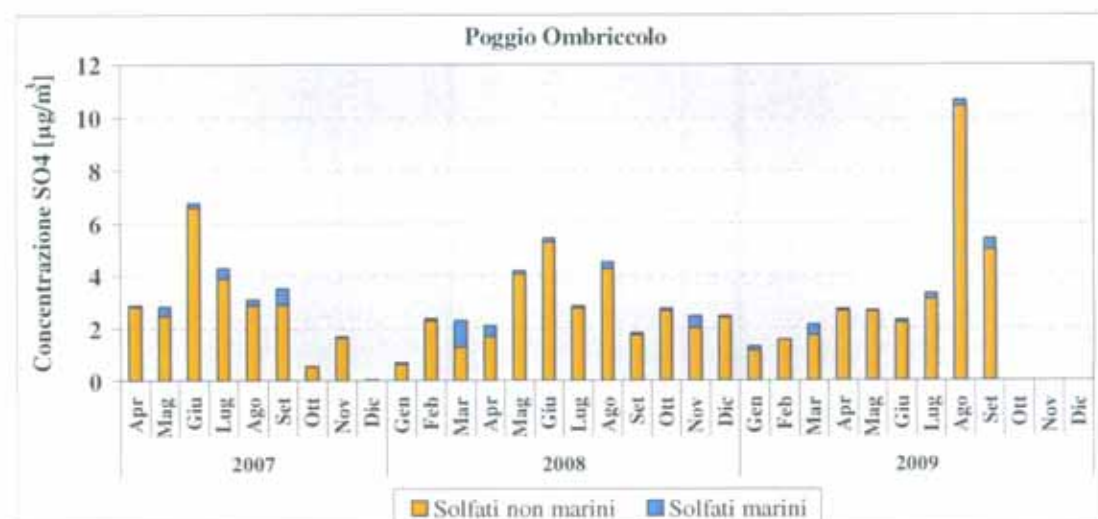
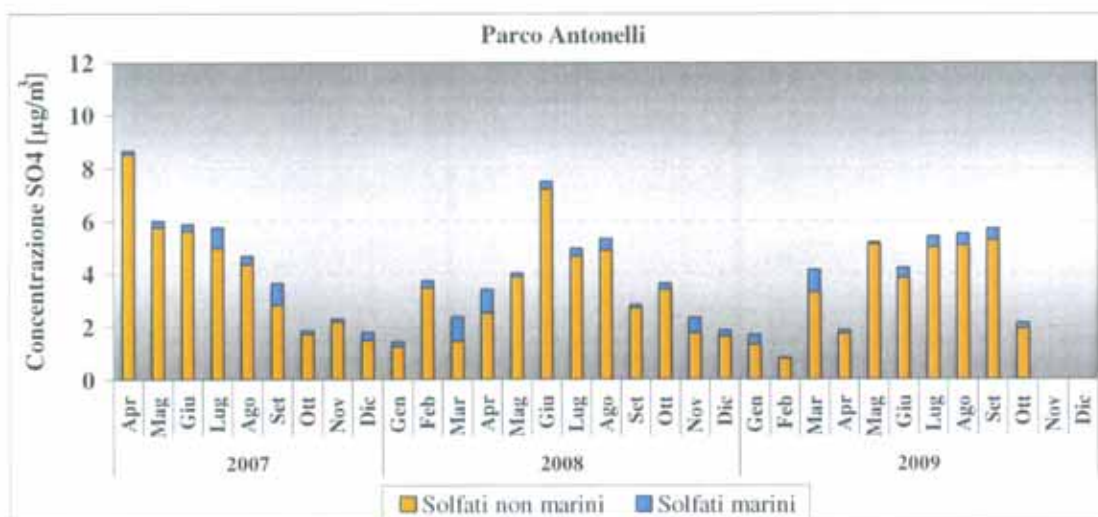
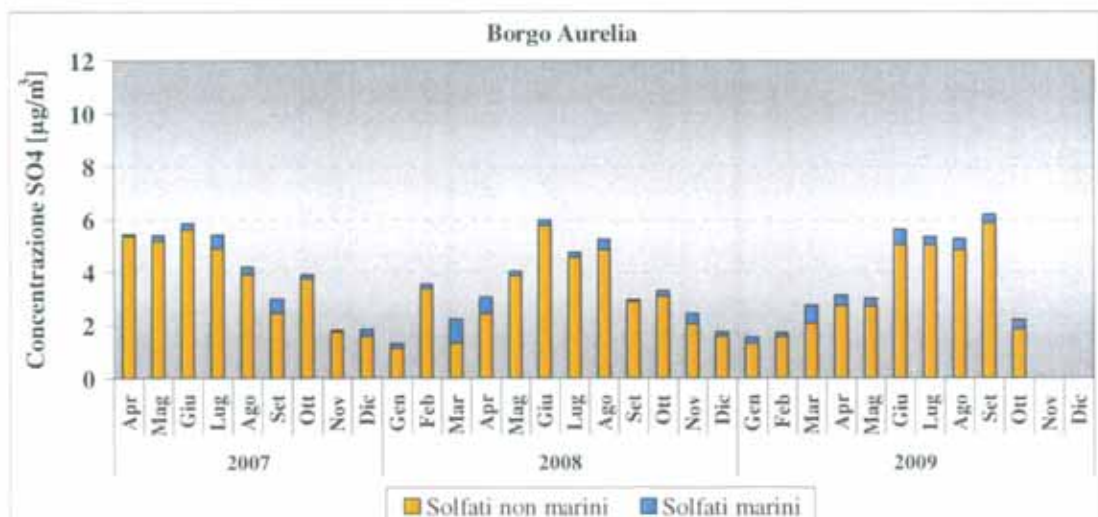
Avendo già evidenziato nei dati del 2007 e 2008, le evidenti influenze sul PM10 di Civitavecchia dello spray marino, anche nel 2009 si è proceduto al calcolo della quantità di solfati imputabili alla sorgente marina e alla conseguente componente di solfati non di origine marina (antropogenici). Il calcolo della quantità di solfati marini è stato eseguito utilizzando la seguente equazione:

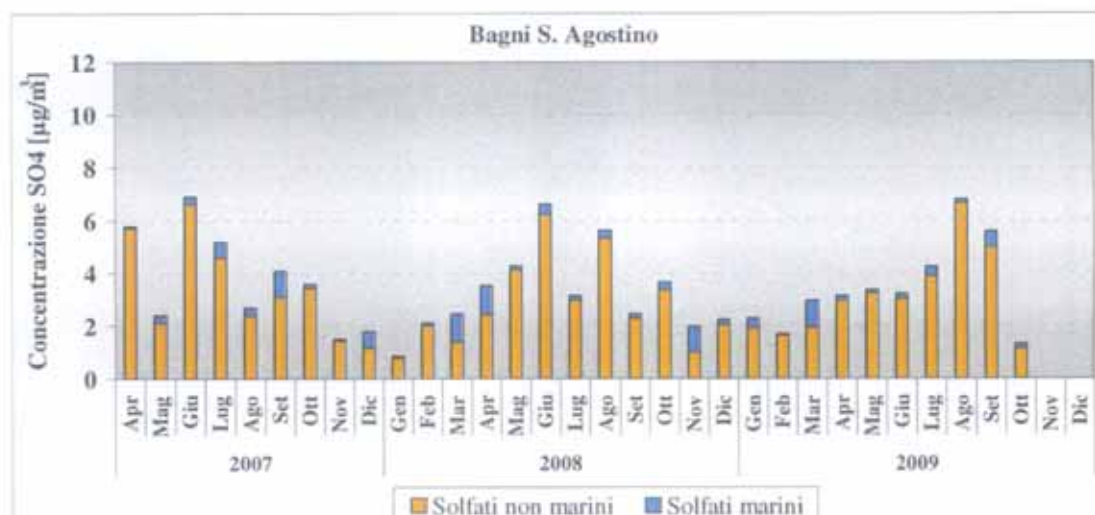
$$[\text{solfati marini}] = [\text{Na}^+] \times ([\text{SO}_4^{2-}]/[\text{Na}^+])_{\text{mare}}$$

Il valore del rapporto solfati/sodio nell'acqua di mare è stato posto pari a 0.246 come suggerito da Brewer (1975). I risultati dei calcoli sono mostrati in forma grafica nelle figure seguenti, in cui, per ciascuna postazione, è stata indicata con una barra arancio la concentrazione media mensile di solfati non marini, quindi presumibilmente antropogenici, e con una barra blu sovrapposta all'arancio la concentrazione di solfati di origine marina.

⁶ McInnes, L.M. et al. 1994, Journal Geophysical Research 99, 8257-8268

⁷ Zhuang H. et al., 1999, Atmospheric Environment 33, 843-853

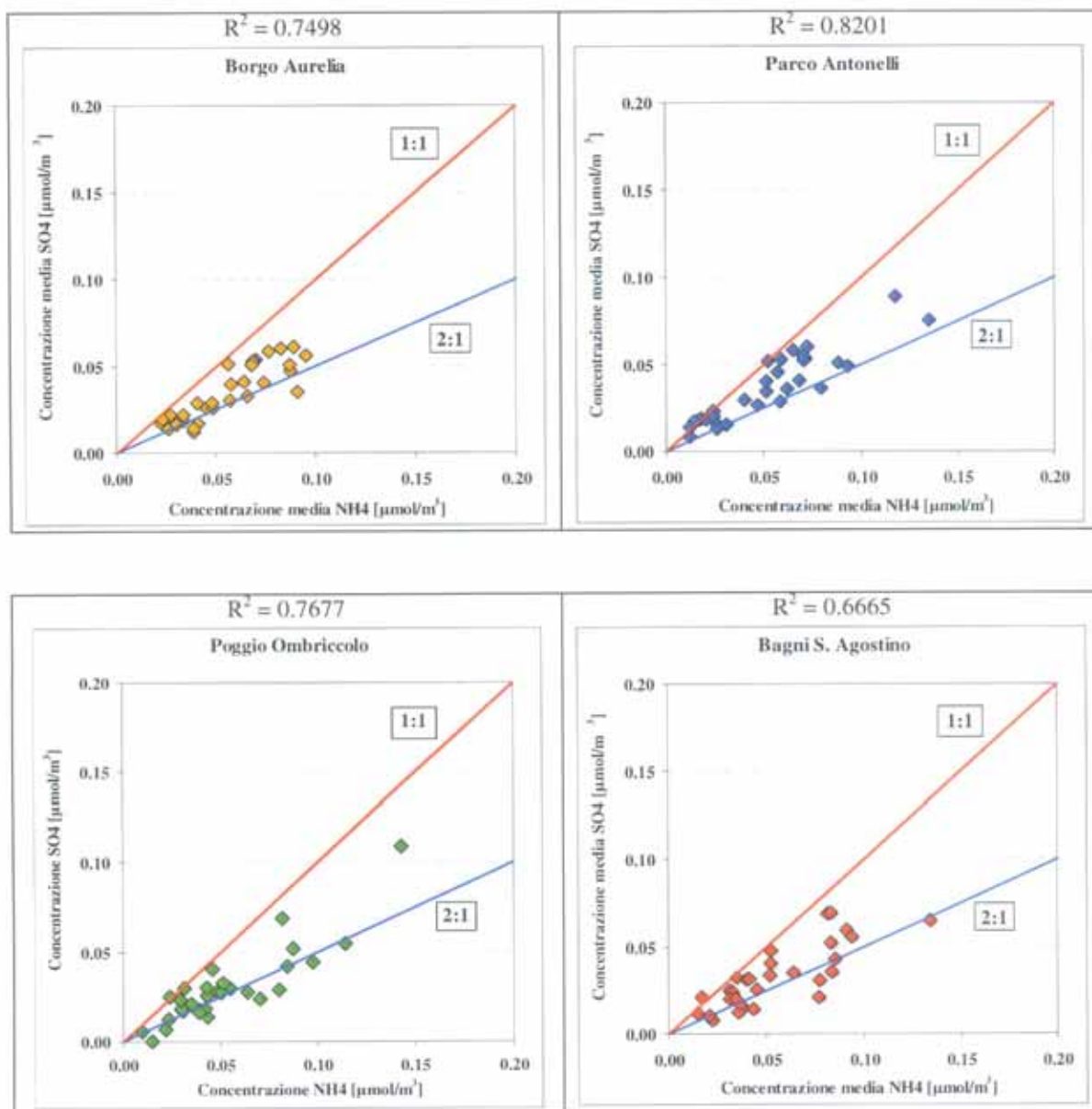




Dalle figure precedenti si può cogliere che, per la maggior parte del 2009, la quantità di solfati marini nel PM10 è stata relativamente modesta. In alcuni mesi, però, ha rappresentato l'11-35% dei solfati totali (gennaio e marzo), come appare dalle tabelle seguenti in cui è riportata la percentuale di solfati marini della concentrazione media mensile di solfati totali nel PM10:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccollo	Bagni S. Agostino
gen. 09	13.9	22.0	10.9	16.3
feb. 09	8.9	3.9	1.2	2.5
mar. 09	24.8	20.5	18.9	34.7
apr. 09	12.5	6.9	3.2	5.0
mag. 09	9.5	1.4	1.2	3.8
giu. 09	9.8	9.3	4.0	5.4
lug. 09	5.7	7.6	6.5	8.3
ago. 09	7.6	7.6	1.9	1.8
set. 09	5.1	7.7	7.1	10.7
ott. 09	15.4	8.2	-	13.9
nov. 09	-	-	-	-
dic. 09	-	-	-	-
Minimo	5.1	1.4	1.2	1.8
Massimo	24.8	22.0	18.9	34.7

Utilizzando i valori medi mensili di concentrazione di solfati non marini nel PM10 di tutte le annualità di monitoraggio (2007-2009), si è valutata la correlazione esistente con l'ammonio, già evidente dagli istogrammi degli andamenti delle concentrazioni medie mensili riportati in precedenza. Dalla letteratura scientifica, è noto infatti che ioni solfato e ammonio nel PM10 possono formare due tipi di composti salini, a seconda della acidità presente in atmosfera: NH_4HSO_4 (solfato acido di ammonio) e $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (solfato di ammonio). Per evidenziare meglio le eventuali correlazioni esistenti, la concentrazione di solfati non marini ed ammonio è stata espressa in $\mu\text{mol}/\text{m}^3$. In questo modo, il rapporto tra ammonio e solfati assume il valore di 1 nel solfato acido di ammonio e di 2 nel solfato di ammonio. I risultati compaiono nelle figure che seguono, in cui è stato riportato anche il valore assunto dal quadrato del coefficiente di correlazione (R^2) della retta di regressione tra tutti i dati e sono state indicate le rette corrispondenti ai rapporti 1:1 (riga rossa) e 2:1 (riga blu) tra ammonio e solfato:



Si può notare che il valore massimo di R^2 si ha per i dati di Parco Antonelli, il minimo per Poggio Ombriccolo. Inoltre, mentre per Parco Antonelli quasi tutti i valori del rapporto ammonio/solfato rimangono entro l'area delimitata dalle rette 1:1 e 2:1, per le altre postazioni alcuni valori del rapporto indicano un eccesso di ammonio. La tabella che segue mette in evidenza l'andamento mensile del rapporto ammonio /solfato e sono stati evidenziati in giallo i valori del rapporto maggiori di 2.1:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Apr 07	1.70	1.32	1.86	1.53
Mag 07	1.30	1.21	1.69	1.50
Giù 07	1.31	1.12	1.19	1.18
Lug 07	1.10	1.01	1.13	1.09
Ago 07	1.57	1.25	1.05	1.26
Set 07	1.76	1.37	1.41	1.08
Ott 07	1.46	0.96	1.70	2.34
Nov 07	1.86	1.06	1.79	2.55
Dic 07	2.45	1.72	3.32	2.96

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccollo	Bagni S. Agostino
Gen 08	3.28	2.01	3.29	2.79
Feb 08	2.59	2.20	2.95	3.67
Mar 08	2.79	2.04	3.20	3.02
Apr 08	1.90	1.79	2.26	1.79
Mag 08	1.84	1.69	1.99	1.98
Giu 08	1.37	1.80	2.08	2.07
Lug 08	1.85	1.91	2.76	2.49
Ago 08	1.72	1.73	2.20	1.69
Set 08	1.88	2.07	2.27	1.38
Ott 08	2.02	1.74	2.31	1.82
Nov 08	1.25	0.98	1.66	2.07
Dic 08	1.35	0.83	0.94	0.80
Gen 09	1.90	0.87	1.91	1.57
Feb 09	1.83	1.49	2.40	2.11
Mar 09	1.55	1.49	1.64	1.70
Apr 09	1.41	1.12	1.75	1.28
Mag 09	1.68	1.33	1.83	1.53
Giu 09	1.32	1.28	1.27	1.30
Lug 09	1.30	1.35	1.57	1.28
Ago 09	1.34	1.11	1.32	1.20
Set 09	1.46	1.28	1.68	1.60
Ott 09	1.18	1.19	-	1.24
Nov 09	-	-	-	-
Dic 09	-	-	-	-

Dalla tabella precedente si nota abbastanza bene che esistono marcate differenze qualitative nel PM10 delle postazioni, in funzione del periodo preso in esame. Mentre a Parco Antonelli nel PM10 dovrebbe essere presente quasi sempre solfato di ammonio e solfato di ammonio acido in miscela tra di loro variabile, ma sempre entro i rapporti stechiometrici, nelle altre postazioni a volte vi è un eccesso di ammonio in inverno e quindi è probabile che nel PM10 sia presente anche ammonio nitrato per garantire il bilancio stechiometrico. Interessante anche il fatto che solo a Poggio Ombriccollo si è avuto un eccesso di ammonio nell'estate 2008. In questo caso, l'ammonio dovrebbe provenire da operazioni agricole come la concimazione chimica.

3.2.2.1 Valori medi annuali di specie ioniche

Nelle tabelle successive, sono stati calcolati i valori medi di specie ioniche in aria per l'anno 2009 in ciascuna postazione, utilizzando sempre le convenzioni riportate in precedenza:

Borgo Aurelia											
Valori statistici 2009 per specie ioniche											
		Media	Dev Stand	N_{tot}	n_{LdR}	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
SO4--	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	3.86	2.74	49	49	100	3.35	2.13	4.83	0.39	12.53
NO3-	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.93	1.62	49	49	100	1.50	1.10	2.12	0.46	10.33
Cl-	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.03	1.98	49	41	84	0.21	0.10	0.52	0.01	9.26
Ca	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.60	0.39	49	49	100	0.50	0.29	0.90	0.03	1.65
Na	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.54	1.70	49	49	100	1.21	0.44	1.84	0.03	9.46
Mg	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.15	0.23	49	30	61	0.10	0.01	0.14	0.01	1.29
K	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.16	0.08	49	48	98	0.14	0.11	0.19	0.01	0.45
NH4+	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.94	0.70	49	49	100	0.79	0.39	1.19	0.04	3.31

Parco Antonelli Valori statistici 2009 per specie ioniche										
	Media	Dev Stand	N_{tot}	n_{LdR}	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
SO4-- [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	4.10	2.39	46	46	100	3.78	2.26	5.58	0.47	11.10
NO3- [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2.14	1.38	46	46	100	1.91	1.08	2.47	0.32	6.35
Cl- [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.53	2.51	46	39	85	0.50	0.15	1.29	0.01	11.13
Ca [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.17	0.56	46	46	100	1.05	0.78	1.42	0.32	2.89
Na [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.49	1.71	46	45	98	0.81	0.36	1.82	0.01	6.92
Mg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.19	0.22	46	35	76	0.13	0.02	0.20	0.01	0.86
K [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.19	0.08	46	46	100	0.18	0.14	0.23	0.01	0.37
NH4+ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.89	0.72	46	46	100	0.69	0.35	1.20	0.02	3.05

Poggio Ombriccolo Valori statistici 2009 per specie ioniche										
	Media	Dev Stand	N_{tot}	n_{LdR}	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
SO4-- [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	3.32	3.48	24	23	96	2.34	1.47	3.32	0.00	14.84
NO3- [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.19	0.67	24	23	96	1.13	0.68	1.60	0.00	2.73
Cl- [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.48	1.11	24	21	88	0.01	0.01	0.13	0.00	4.26
Ca [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.39	0.37	24	22	92	0.33	0.12	0.49	0.00	1.71
Na [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.67	0.90	24	22	92	0.35	0.14	0.69	0.00	3.39
Mg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.08	0.11	24	20	83	0.01	0.01	0.09	0.00	0.41
K [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.13	0.10	24	21	88	0.14	0.07	0.17	0.00	0.41
NH4+ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.94	0.98	24	23	96	0.81	0.31	1.04	0.00	4.03

Bagni S. Agostino Valori statistici 2009 per specie ioniche										
	Media	Dev Stand	N_{tot}	n_{LdR}	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
SO4-- [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	3.48	2.48	25	25	100	3.00	1.85	4.18	0.54	11.65
NO3- [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.62	0.89	25	25	100	1.37	0.96	1.96	0.43	3.90
Cl- [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.29	2.78	25	23	92	0.19	0.13	0.77	0.01	12.65
Ca [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.45	0.32	25	25	100	0.43	0.14	0.63	0.08	1.04
Na [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.24	1.82	25	25	100	0.60	0.28	1.17	0.04	8.01
Mg [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.14	n.c.	25	12	48	0.01	0.01	0.16	0.01	0.95
K [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.15	0.10	25	23	92	0.13	0.09	0.17	0.01	0.37
NH4+ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.85	0.76	25	25	100	0.64	0.39	0.99	0.03	3.82

Relativamente alle medie annuali (tra gennaio e ottobre) di specie ioniche nel PM10 delle postazioni di misura, si possono fare le seguenti considerazioni:

- il PM10 di Parco Antonelli è il più ricco di solfati e nitrati, quello di Poggio Ombriccolo contiene le minori quantità di solfati e nitrati. Le concentrazioni medie annuali di questi composti seguono quindi il seguente ordine: Parco Antonelli > Borgo Aurelia > Bagni S. Agostino > Poggio Ombriccolo.
- le più elevate concentrazioni medie annuali di cloruri e sodio si sono avute nelle tre postazioni più prossime al mare (Borgo Aurelia, Parco Antonelli e Bagni S. Agostino). In queste tre postazioni, le concentrazioni di sodio sono risultate molto simili ($1.2 - 1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mentre quelle dei cloruri sono mostrano una variabilità più ampia ($1.0 - 1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), in ragione del già citato fenomeno del "chloride depletion". A Poggio Ombriccolo le concentrazioni medie annuali sono risultate invece inferiori di circa il 4-50% rispetto alle altre due postazioni.
- La concentrazione media annuale di ammonio è pressoché identica in tutte le postazioni e vale circa $0.8 - 0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Escludendo il sodio, l'ammonio è il catione più abbondante nel PM10, salvo che a Parco Antonelli in cui si ha una elevata concentrazione media annuale di calcio ($1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La concentrazione media annuale di calcio nelle altre postazioni rimane invece compresa tra 0.4 e $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.3 Risultati e valutazioni della determinazione di IPA nel particolato PTS e in fase vapore.

Gli idrocarburi aromatici policiclici (IPA) in fase vapore e adsorbiti sul particolato sono stati prelevati con un classico sistema di campionamento integrale che comprende un filtro, per la raccolta della fase particolato (PTS) e un cilindro di schiuma poliuretana (PUF), per il trattenimento degli IPA più volatili e quindi più abbondanti in fase vapore. Infatti, è noto dalla letteratura che gli IPA aerodispersi sono ripartiti tra fase vapore e sul particolato in funzione della loro tensione di vapore; a grandi linee, in dipendenza soprattutto della temperatura, i composti da naftalene a fluorantene/pirene si trovano in fase vapore mentre da benzo(a)antracene a dibenzopireni sono adsorbiti sul particolato. Dato che il campionamento è una situazione di non equilibrio, parte degli IPA adsorbiti su particolato possono essere spostati dal filtro durante il prelievo. Le analisi sono state pertanto effettuate riunendo gli estratti dei due substrati di prelievo (filtro e PUF) e i dati si riferiscono quindi alla concentrazione complessiva degli IPA in aria.

Gli IPA determinati nell'atmosfera di Civitavecchia sono indicati nella tabella seguente:

Composto	Numero anelli condensati	Peso molecolare	Genotossicità	Cancerogenesi secondo IARC (*)
Naftalene	2	128	-	-
1-Metilnaftalene	2	142	-	-
2-Metilnaftalene	2	142	-	-
2,6-Dimetilnaftalene	2	156	-	-
2,3,5-Trimetilnaftalene	2	170	-	-
Acenaftilene	3	152	-	-
Acenaftene	3	154	-	-
Fluorene	3	166	-	-
Fenantrene	3	178	-	-
Antracene	3	178	-	-
1-Metilfenantrene	3	192	-	-
Fluorantene	4	202	-	-
Pirene	4	202	-	-
Benzo(a)antracene	4	228	Genotossico	2A
Crisene	4	228	Genotossico	3
Ciclopenta[<i>c,d</i>]pirene	5	226	-	-
Benzo(b + j)fluorantene	5	252	Genotossico	2B
Benzo(k)fluorantene	5	252	Genotossico	2B
Benzo(e)pirene	5	276	-	-
Benzo(a)pirene	5	276	Genotossico	2A
Perilene	5	252	-	-
Indeno(1,2,3) <i>c,d</i> pirene	6	276	Genotossico	2B
Dibenzo(a,h)antracene	6	278	Genotossico	2A
Benzo(g,h,i)perilene	6	276	Genotossico	3
Dibenzo(a,l)pirene	6	302	Genotossico	2B
Dibenzo(a,e)pirene	6	302	Genotossico	2B
Dibenzo(a,i)pirene	6	302	Genotossico	2B
Dibenzo(a,h)pirene	6	302	Genotossico	2B

(*) Note: 2A - probable human carcinogen
 2B - possible human carcinogen
 3 - mixed or limited evidence on human cancer potential

Nel protocollo di analisi sono stati presi in considerazione sia IPA alchilati (derivati con gruppi metilici) sia IPA non alchilati. Come IPA non alchilati si sono intesi i composti da naftalene (2 anelli benzenici condensati) a dibenzopireni (6 anelli benzenici condensati) che non hanno gruppi sostituenti alchilici nella molecola (gruppi metilici, etilici, ecc.). Gli IPA alchilati, che sono un vasto gruppo di composti di solito molto più abbondante in atmosfera rispetto ai non alchilati, sono stati limitati ad alcuni metil-, dimetil- e trimetil-naftaleni e ad un monometilfenantrene. Nel protocollo di analisi sono compresi IPA con riconosciute caratteristiche di cancerogenicità e genotossicità, come indicato nella tabella precedente.

Di seguito, vengono riportate le medie mensili delle concentrazioni di IPA determinati, calcolati con i criteri adottati per i metalli ed esposti al par. 3.2. Quando in luogo della deviazione standard compare la dicitura "n.c.", significa che il composto in oggetto è stato determinato in meno del 50% dei campioni.

Le concentrazioni medie mensili di IPA nel particolato PTS della postazione di **Borgo Aurelia** sono riportate di seguito:

		Postazione di Borgo Aurelia					
		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Naftalene	[ng/m ³]	0.29 ± 0.30	0.45 ± 0.38	0.18 ± 0.16	0.15 ± 0.13	0.06 ± 0.05	0.03 ± 0.05
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.14 ± 0.16	0.16 ± 0.14	0.05 ± 0.02	0.08 ± 0.06	0.12 ± 0.14	0.02 ± 0.02
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.19 ± 0.24	0.27 ± 0.21	0.10 ± 0.05	0.13 ± 0.11	0.17 ± 0.19	0.03 ± 0.04
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.17 ± 0.21	0.16 ± 0.10	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.04	0.07 ± 0.06	0.01 ± 0.01
Acenaftilene	[ng/m ³]	0.14 ± 0.15	0.13 ± 0.10	0.02 ± 0.02	0.06 ± 0.07	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
Acenaftene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.04	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.39 ± 0.55	0.19 ± 0.08	0.02 ± 0.01	0.06 ± 0.04	0.03 ± 0.02	0.01 ± 0.01
Fluorene	[ng/m ³]	0.41 ± 0.42	0.84 ± 0.50	0.13 ± 0.12	0.15 ± 0.11	0.04 ± 0.03	0.04 ± 0.03
Fenantrene	[ng/m ³]	1.47 ± 1.95	2.78 ± 1.68	0.83 ± 0.82	0.85 ± 0.33	0.46 ± 0.26	0.69 ± 0.52
Antracene	[ng/m ³]	0.23 ± 0.34	0.12 ± 0.08	0.03 ± 0.02	0.03 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.02
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	0.17 ± 0.22	0.17 ± 0.07	0.09 ± 0.08	0.11 ± 0.05	0.12 ± 0.05	0.20 ± 0.15
Fluorantene	[ng/m ³]	0.48 ± 0.48	0.95 ± 0.65	0.25 ± 0.24	0.29 ± 0.07	0.17 ± 0.04	0.40 ± 0.40
Pirene	[ng/m ³]	0.38 ± 0.44	0.55 ± 0.36	0.16 ± 0.15	0.22 ± 0.08	0.12 ± 0.03	0.24 ± 0.22
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.03	0.09 ± 0.09	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.02
Crisene	[ng/m ³]	0.07 ± 0.06	0.19 ± 0.13	0.03 ± 0.02	0.06 ± 0.04	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.02
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	0.04 ± 0.03	0.22 ± 0.18	0.09 ± 0.08	0.13 ± 0.06	0.06 ± 0.02	0.03 ± 0.03
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	0.04 ± 0.04	0.12 ± 0.07	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.02	0.06 ± 0.04	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.02	0.07 ± 0.04	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Perilene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.04 ± 0.07	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	0.04 ± 0.04	0.12 ± 0.06	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.03	0.10 ± 0.06	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Totale	[ng/m ³]	4.85 ± 5.22	7.89 ± 4.65	2.18 ± 1.55	2.57 ± 0.97	1.59 ± 0.56	1.91 ± 1.26

		Postazione di Borgo Aurelia					
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m ³]	0.04 ± 0.06	0.02 ± 0.04	0.25 ± 0.48	0.03 ± 0.03	-	-
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.11 ± 0.23	0.01 ± 0.01	-	-
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.04	0.02 ± 0.03	0.20 ± 0.39	0.02 ± 0.02	-	-
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.03	0.01 ± 0.00	-	-
Acenaftilene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.04	-	-
Acenaftene	[ng/m ³]	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	-	-
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.05 ± 0.07	0.01 ± 0.01	-	-
Fluorene	[ng/m ³]	0.04 ± 0.03	0.06 ± 0.03	0.09 ± 0.06	0.12 ± 0.09	-	-
Fenantrene	[ng/m ³]	0.66 ± 0.60	1.10 ± 0.52	1.15 ± 1.14	0.83 ± 0.60	-	-
Antracene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.03	0.04 ± 0.03	0.08 ± 0.10	0.03 ± 0.02	-	-
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	0.20 ± 0.16	0.31 ± 0.14	0.18 ± 0.14	0.09 ± 0.06	-	-
Fluorantene	[ng/m ³]	0.46 ± 0.47	0.84 ± 0.43	0.53 ± 0.58	0.34 ± 0.27	-	-
Pirene	[ng/m ³]	0.27 ± 0.25	0.47 ± 0.22	0.32 ± 0.33	0.21 ± 0.14	-	-
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.01	-	-
Crisene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.05	0.04 ± 0.04	-	-
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	0.04 ± 0.03	0.06 ± 0.04	0.13 ± 0.12	0.11 ± 0.11	-	-
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.03	0.03 ± 0.02	-	-
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	-	-
Perilene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.03	-	-
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.02	-	-
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Totale	[ng/m ³]	1.98 ± 1.49	3.17 ± 1.08	3.35 ± 2.30	2.09 ± 1.29	-	-

Le concentrazioni medie mensili di IPA nel particolato PTS della postazione di **Parco Antonelli** sono riportate di seguito:

		Postazione di Parco Antonelli					
		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Naftalene	[ng/m ³]	0.80 ± 1.18	0.27 ± 0.22	0.64 ± 0.76	0.32 ± 0.30	0.08 ± 0.11	0.05 ± 0.08
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.35 ± 0.48	0.12 ± 0.10	0.35 ± 0.34	0.19 ± 0.18	0.07 ± 0.11	0.03 ± 0.03
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.47 ± 0.62	0.18 ± 0.16	0.57 ± 0.54	0.35 ± 0.37	0.12 ± 0.19	0.05 ± 0.05
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.33 ± 0.40	0.13 ± 0.11	0.16 ± 0.14	0.16 ± 0.13	0.06 ± 0.08	0.03 ± 0.03
Acenaftilene	[ng/m ³]	0.18 ± 0.15	0.18 ± 0.14	0.20 ± 0.15	0.10 ± 0.14	0.03 ± 0.06	0.01 ± 0.01
Acenaftene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.02	0.05 ± 0.05	0.04 ± 0.03	0.03 ± 0.04	0.02 ± 0.04	0.01 ± 0.01
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.54 ± 0.64	0.31 ± 0.24	0.13 ± 0.07	0.13 ± 0.10	0.07 ± 0.08	0.03 ± 0.02
Fluorene	[ng/m ³]	0.44 ± 0.32	0.73 ± 0.53	0.72 ± 0.40	0.36 ± 0.30	0.14 ± 0.17	0.08 ± 0.07
Fenantrene	[ng/m ³]	2.44 ± 1.49	3.94 ± 2.96	3.00 ± 1.51	2.23 ± 0.91	1.62 ± 0.81	1.18 ± 0.70
Antracene	[ng/m ³]	0.29 ± 0.20	0.39 ± 0.28	0.26 ± 0.17	0.17 ± 0.09	0.11 ± 0.07	0.08 ± 0.04
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	0.24 ± 0.15	0.34 ± 0.24	0.33 ± 0.18	0.32 ± 0.13	0.34 ± 0.14	0.35 ± 0.24
Fluorantene	[ng/m ³]	0.91 ± 0.61	1.29 ± 0.93	0.94 ± 0.40	0.72 ± 0.20	0.61 ± 0.15	0.60 ± 0.40
Pirene	[ng/m ³]	0.71 ± 0.48	1.14 ± 0.87	0.83 ± 0.39	0.74 ± 0.26	0.56 ± 0.15	0.57 ± 0.38
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	0.07 ± 0.04	0.11 ± 0.08	0.08 ± 0.04	0.04 ± 0.02	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.03
Crisene	[ng/m ³]	0.15 ± 0.09	0.23 ± 0.16	0.20 ± 0.08	0.14 ± 0.05	0.08 ± 0.03	0.06 ± 0.05
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	0.09 ± 0.07	0.21 ± 0.24	0.38 ± 0.14	0.23 ± 0.09	0.11 ± 0.06	0.08 ± 0.05
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	0.09 ± 0.07	0.15 ± 0.12	0.06 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	0.07 ± 0.06	0.12 ± 0.09	0.09 ± 0.03	0.07 ± 0.03	0.03 ± 0.02	0.02 ± 0.02
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	0.06 ± 0.06	0.11 ± 0.09	0.06 ± 0.03	0.03 ± 0.03	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Perilene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	0.10 ± 0.09	0.13 ± 0.09	0.08 ± 0.03	0.05 ± 0.01	0.03 ± 0.02	0.01 ± 0.01
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m ³]	0.10 ± 0.09	0.15 ± 0.13	0.09 ± 0.04	0.08 ± 0.03	0.04 ± 0.04	0.02 ± 0.02
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,b]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Totale	[ng/m ³]	8.49 ± 5.09	10.37 ± 7.25	9.28 ± 3.68	6.53 ± 2.13	4.22 ± 2.15	3.36 ± 1.87

		Postazione di Parco Antonelli					
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m ³]	0.05 ± 0.09	0.04 ± 0.04	0.04 ± 0.03	0.03 ± 0.02	-	-
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.03	0.03 ± 0.03	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.01	-	-
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.05 ± 0.06	0.06 ± 0.06	0.04 ± 0.03	0.03 ± 0.01	-	-
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.04	0.05 ± 0.04	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	-	-
Acenaftilene	[ng/m ³]	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.05 ± 0.03	-	-
Acenaftene	[ng/m ³]	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.02	-	-
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.02	-	-
Fluorene	[ng/m ³]	0.05 ± 0.04	0.08 ± 0.04	0.09 ± 0.06	0.32 ± 0.18	-	-
Fenantrene	[ng/m ³]	0.94 ± 0.68	1.47 ± 0.29	1.75 ± 0.74	2.31 ± 0.97	-	-
Antracene	[ng/m ³]	0.06 ± 0.04	0.10 ± 0.02	0.13 ± 0.05	0.19 ± 0.09	-	-
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	0.33 ± 0.29	0.56 ± 0.25	0.33 ± 0.12	0.24 ± 0.12	-	-
Fluorantene	[ng/m ³]	0.57 ± 0.46	0.97 ± 0.28	0.78 ± 0.35	0.75 ± 0.44	-	-
Pirene	[ng/m ³]	0.55 ± 0.46	0.93 ± 0.31	0.63 ± 0.25	0.64 ± 0.27	-	-
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.03	0.05 ± 0.03	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.03	-	-
Crisene	[ng/m ³]	0.04 ± 0.03	0.06 ± 0.04	0.06 ± 0.02	0.08 ± 0.05	-	-
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	0.08 ± 0.06	0.13 ± 0.04	0.19 ± 0.17	0.22 ± 0.13	-	-
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.02	-	-
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.03	0.05 ± 0.06	0.06 ± 0.03	-	-
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.03	-	-
Perilene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.04	0.06 ± 0.04	-	-
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.07 ± 0.07	0.07 ± 0.04	-	-
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,b]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Totale	[ng/m ³]	2.99 ± 2.12	4.76 ± 1.14	4.42 ± 1.76	5.29 ± 2.26	-	-

Le concentrazioni medie mensili di IPA nel particolato PTS della postazione di Poggio Ombriccolo sono riportate nelle tabelle seguenti:

		Postazione di Poggio Ombriccolo					
		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Naftalene	[ng/m ³]	0.14 ± 0.19	0.61 ± 0.45	2.26 ± 0.99	0.05 ± 0.04	0.01 ± 0.01	0.10 ± 0.17
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.01 ± 0.01	0.26 ± 0.19	0.73 ± 0.14	0.02 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.04 ± 0.06
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.03	0.40 ± 0.29	1.10 ± 0.19	0.05 ± 0.03	0.02 ± 0.01	0.08 ± 0.12
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.01 ± 0.00	0.23 ± 0.13	0.25 ± 0.04	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.03
Acenaftilene	[ng/m ³]	0.01 ± 0.01	0.19 ± 0.13	0.10 ± 0.09	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
Acenaftene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.05 ± 0.03	0.02 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.01 ± 0.00	0.32 ± 0.21	0.28 ± 0.16	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01
Fluorene	[ng/m ³]	0.10 ± 0.13	0.91 ± 0.23	0.83 ± 0.69	0.06 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.05 ± 0.05
Fenantrene	[ng/m ³]	0.49 ± 0.69	1.97 ± 0.25	3.14 ± 1.87	0.53 ± 0.18	0.31 ± 0.06	0.57 ± 0.50
Antracene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.03	0.07 ± 0.06	0.14 ± 0.07	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.01
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.04	0.11 ± 0.01	0.19 ± 0.11	0.10 ± 0.07	0.23 ± 0.06	0.92 ± 1.77
Fluorantene	[ng/m ³]	0.18 ± 0.25	0.61 ± 0.04	0.95 ± 0.36	0.21 ± 0.05	0.12 ± 0.04	0.42 ± 0.57
Pirene	[ng/m ³]	0.10 ± 0.14	0.34 ± 0.05	0.58 ± 0.22	0.16 ± 0.07	0.20 ± 0.07	0.85 ± 1.49
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.06 ± 0.02	0.06 ± 0.04	0.02 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
Crisene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.17 ± 0.02	0.15 ± 0.10	0.04 ± 0.01	0.02 ± 0.00	0.03 ± 0.03
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.17 ± 0.05	0.29 ± 0.28	0.09 ± 0.04	0.04 ± 0.01	0.02 ± 0.04
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.14 ± 0.00	0.05 ± 0.05	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.10 ± 0.01	0.06 ± 0.07	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.09 ± 0.03	0.05 ± 0.06	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Perilene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.13 ± 0.01	0.06 ± 0.07	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.10 ± 0.01	0.05 ± 0.05	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,j]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Totale	[ng/m ³]	1.29 ± 1.54	7.09 ± 1.99	11.39 ± 0.09	1.52 ± 0.45	1.12 ± 0.09	3.27 ± 4.30

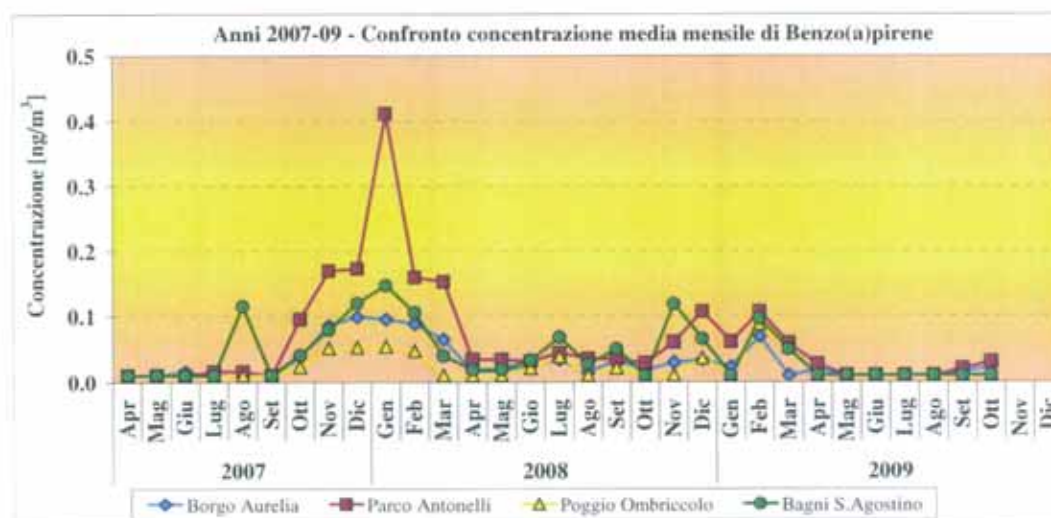
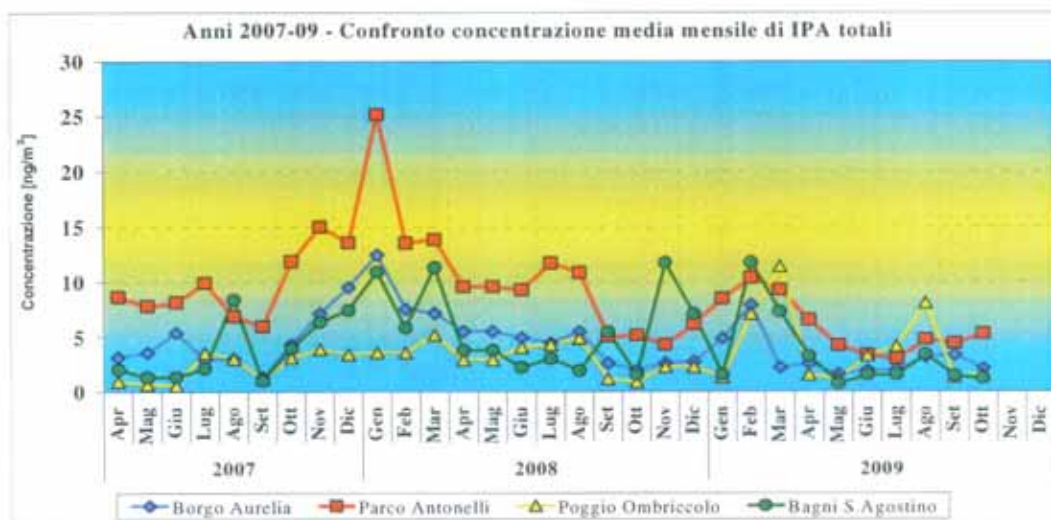
		Postazione di Poggio Ombriccolo					
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m ³]	0.15 ± 0.22	0.29 ± 0.25	0.01 ± 0.01	0.11 ± n.c.	-	-
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.07 ± 0.08	0.13 ± 0.06	0.01 ± n.c.	0.03 ± n.c.	-	-
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.11 ± 0.16	0.21 ± 0.20	0.01 ± n.c.	0.06 ± n.c.	-	-
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.04	0.04 ± 0.05	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Acenaftilene	[ng/m ³]	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.24 ± 0.41	0.01 ± n.c.	-	-
Acenaftene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Fluorene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.04	0.06 ± 0.04	0.01 ± n.c.	0.19 ± n.c.	-	-
Fenantrene	[ng/m ³]	0.49 ± 0.65	0.97 ± 0.57	0.40 ± 0.10	0.61 ± n.c.	-	-
Antracene	[ng/m ³]	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.02 ± n.c.	-	-
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	1.31 ± 2.40	2.62 ± 3.23	0.19 ± 0.08	0.07 ± n.c.	-	-
Fluorantene	[ng/m ³]	0.53 ± 0.78	1.06 ± 0.85	0.15 ± 0.12	0.14 ± n.c.	-	-
Pirene	[ng/m ³]	1.19 ± 2.01	2.37 ± 2.55	0.14 ± 0.12	0.09 ± n.c.	-	-
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	-	-
Crisene	[ng/m ³]	0.03 ± 0.03	0.05 ± 0.03	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	0.04 ± 0.05	0.06 ± 0.07	0.03 ± 0.03	0.05 ± n.c.	-	-
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Perilene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,j]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m ³]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Totale	[ng/m ³]	4.14 ± 5.87	8.07 ± 6.44	1.33 ± 0.58	1.53 ± n.c.	-	-

Le concentrazioni medie mensili di IPA nel particolato PTS della postazione di **Bagni S. Agostino** sono riportate di seguito:

		Postazione di Bagni S. Agostino					
		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Naftalene [ng/m ³]		0.14 ± 0.08	0.53 ± 0.33	1.54 ± 1.38	0.22 ± 0.18	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
2-Metilnaftalene [ng/m ³]		0.06 ± 0.08	0.24 ± 0.15	0.59 ± 0.37	0.14 ± 0.09	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
1-Metilnaftalene [ng/m ³]		0.07 ± 0.10	0.37 ± 0.21	0.95 ± 0.59	0.22 ± 0.18	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m ³]		0.14 ± 0.19	0.20 ± 0.09	0.20 ± 0.14	0.12 ± 0.06	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
Acenaftilene [ng/m ³]		0.02 ± 0.03	0.34 ± 0.16	0.11 ± 0.04	0.10 ± 0.06	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
Acenaftene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.12 ± 0.09	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m ³]		0.05 ± 0.06	0.34 ± 0.07	0.10 ± 0.05	0.32 ± 0.44	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.01
Fluorene [ng/m ³]		0.06 ± 0.08	1.01 ± 0.29	0.52 ± 0.44	0.15 ± 0.06	0.02 ± n.c.	0.07 ± 0.06
Fenantrene [ng/m ³]		0.29 ± 0.40	4.22 ± 1.83	1.37 ± 0.43	0.82 ± 0.24	0.21 ± n.c.	0.39 ± 0.35
Antracene [ng/m ³]		0.04 ± 0.06	0.40 ± 0.29	0.07 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.02
1-Metilfenantrene [ng/m ³]		0.07 ± 0.09	0.20 ± 0.05	0.10 ± 0.00	0.12 ± 0.05	0.06 ± n.c.	0.10 ± 0.09
Fluorantene [ng/m ³]		0.16 ± 0.22	1.54 ± 0.65	0.52 ± 0.25	0.33 ± 0.11	0.10 ± n.c.	0.37 ± 0.49
Pirene [ng/m ³]		0.13 ± 0.18	0.84 ± 0.34	0.31 ± 0.14	0.25 ± 0.04	0.08 ± n.c.	0.30 ± 0.40
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[a]antracene [ng/m ³]		0.01 ± 0.01	0.14 ± 0.07	0.06 ± 0.04	0.02 ± 0.00	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
Crisene [ng/m ³]		0.05 ± 0.06	0.29 ± 0.12	0.13 ± 0.11	0.07 ± 0.03	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.02
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m ³]		0.04 ± 0.04	0.27 ± 0.08	0.34 ± 0.27	0.15 ± 0.04	0.04 ± n.c.	0.02 ± 0.02
Benzo[k]fluorantene [ng/m ³]		0.04 ± 0.04	0.18 ± 0.05	0.05 ± 0.06	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[e]pirene [ng/m ³]		0.03 ± 0.02	0.13 ± 0.04	0.07 ± 0.05	0.03 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[a]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.10 ± 0.00	0.05 ± 0.06	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Perilene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m ³]		0.03 ± 0.03	0.14 ± 0.03	0.06 ± 0.06	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m ³]		0.02 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.05 ± 0.05	0.02 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Totale [ng/m ³]		1.53 ± 1.62	11.74 ± 3.58	7.26 ± 4.55	3.25 ± 0.65	0.71 ± n.c.	1.51 ± 1.28

		Postazione di Bagni S. Agostino					
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene [ng/m ³]		0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	-	-
2-Metilnaftalene [ng/m ³]		0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	-	-
1-Metilnaftalene [ng/m ³]		0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	-	-
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m ³]		0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Acenaftilene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	-	-
Acenaftene [ng/m ³]		0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	-	-
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m ³]		0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.00	-	-
Fluorene [ng/m ³]		0.05 ± 0.05	0.10 ± 0.02	0.05 ± 0.05	0.09 ± 0.08	-	-
Fenantrene [ng/m ³]		0.21 ± 0.25	0.48 ± 0.08	0.45 ± 0.30	0.46 ± 0.20	-	-
Antracene [ng/m ³]		0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.02 ± 0.01	-	-
1-Metilfenantrene [ng/m ³]		0.11 ± 0.12	0.24 ± 0.04	0.12 ± 0.05	0.07 ± 0.01	-	-
Fluorantene [ng/m ³]		0.48 ± 0.61	1.15 ± 0.05	0.26 ± 0.17	0.17 ± 0.01	-	-
Pirene [ng/m ³]		0.39 ± 0.50	0.95 ± 0.01	0.23 ± 0.15	0.14 ± 0.03	-	-
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[a]antracene [ng/m ³]		0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.00	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.00	-	-
Crisene [ng/m ³]		0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.00	0.02 ± 0.03	0.02 ± 0.00	-	-
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m ³]		0.03 ± 0.03	0.05 ± 0.03	0.06 ± 0.09	0.05 ± 0.01	-	-
Benzo[k]fluorantene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[e]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[a]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Perilene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m ³]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	-	-
Totale [ng/m ³]		1.53 ± 1.68	3.36 ± 0.16	1.46 ± 0.89	1.20 ± 0.27	-	-

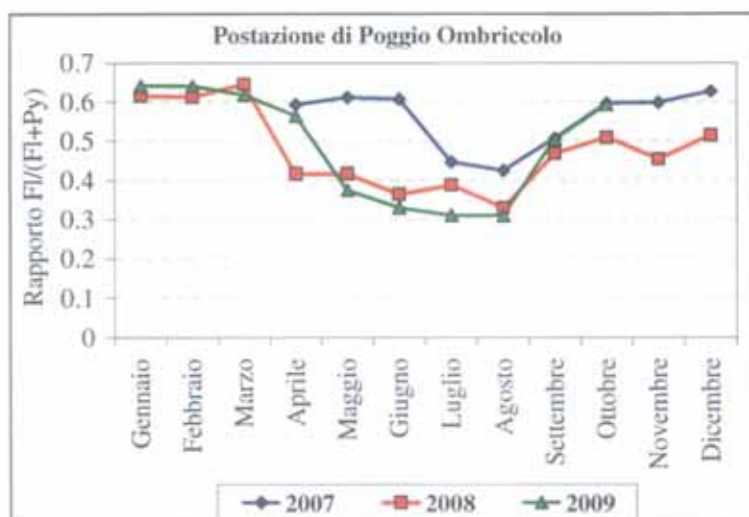
Gli andamenti temporali delle concentrazioni degli IPA totali e del benzo(a)pirene (valore limite 1 ng/m^3) per il periodo Aprile '07 – Ottobre '09 sono riportati nelle figure che seguono:



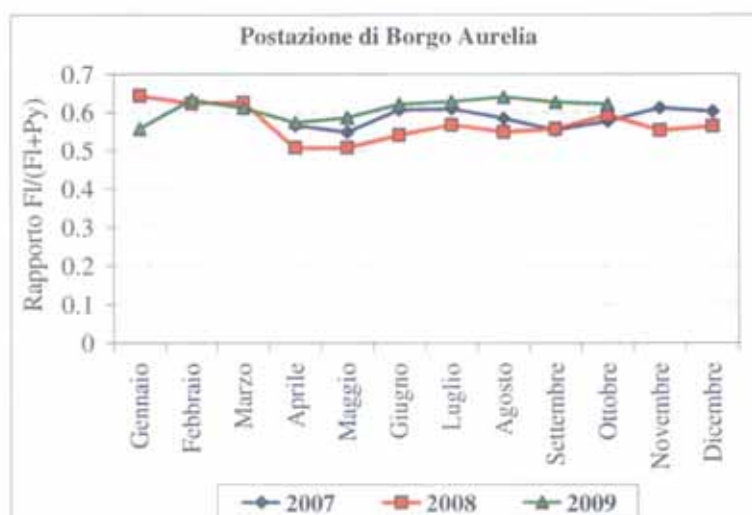
Da grafici precedenti, si evidenziano alcuni andamenti:

- come si vedrà meglio nelle successive tabelle delle medie annuali, gli IPA presenti nell'atmosfera di Civitavecchia sono prevalentemente costituiti da composti relativamente leggeri, da 2 a 4 anelli condensati, di cui i più abbondanti sono fenantrene, fluorantene e pirene. Gli IPA con più di 4 anelli condensati, tra i quali sono compresi i composti cancerogeni, sono rilevabili solo nei mesi invernali;
- come negli anni precedenti, anche nel 2009 sono presenti due cicli di aumento e diminuzione della concentrazione media mensile degli IPA, che avvengono in inverno ed estate, ma con andamento più complesso rispetto a quelli del 2007-08. Rispetto all'inverno 2007-08, le concentrazioni medie mensili invernali degli IPA sono diminuite a Parco Antonelli mentre quelle delle altre postazioni sono rimaste pressoché simili all'inverno precedente. La massima concentrazione media mensile di IPA totali si è avuta infatti in febbraio a Bagni S. Agostino (circa 12 ng/m^3); di poco superiore a quella di Parco Antonelli (circa 10 ng/m^3) dello stesso periodo;
- a differenza degli anni precedenti, anche a Poggio Ombriccolo si è avuto un aumento della concentrazione media degli IPA nei mesi invernali, ma il culmine lo si è raggiunto in marzo. E' possibile, quindi, che una sorgente diversa abbia influenzato questa postazione;

- in estate, la massima concentrazione media mensile si è avuta nella postazione di Poggio Ombriccolo ad agosto (circa 8 ng/m^3). E' da far notare che in questa postazione aumenti estivi della concentrazione media degli IPA sono avvenuti anche nei precedenti analoghi periodi di monitoraggio, sempre accompagnati da una modifica della distribuzione relativa delle concentrazioni dei singoli IPA. Un esempio è riportato nella figura sottostante, in cui è stato calcolato il rapporto medio mensile fluorantene/(fluorantene+pirene), indicato dalla sigla [Fl/(Flu+Py)], uno dei più comuni rapporti diagnostici tra singoli IPA utilizzato in letteratura



Si può osservare che nei mesi estivi il rapporto Fl/(Fl+Py) ha un valore di 0.3 – 0.4 mentre nei mesi invernali assume valori intorno a 0.5 – 0.6. Nelle altre postazioni questo fenomeno è molto ridotto o virtualmente assente, come ad esempio nella postazione di Borgo Aurelia, di cui di seguito si riporta il grafico corrispondente:



A Poggio Ombriccolo, nei mesi estivi, avviene quindi un cambiamento nella concentrazione relativa degli IPA e ciò potrebbe essere messo in relazione con un mutamento delle sorgenti. Tale fenomeno verrà approfondito nel corso del proseguimento dei monitoraggi;

- il benzo(a)pirene, l'unico IPA normato dalla legislazione italiana (valore limite 1 ng/m^3 - D.M. 25/11/1994), non ha mai superato la concentrazione prevista dal limite normativo e spesso è risultato inferiore al limite di rilevabilità in aria (0.01 ng/m^3).

3.3.1.1 Valori medi annuali

Nelle tabelle che seguono, sono riportati i valori medi di concentrazione degli IPA calcolati per il periodo da gennaio a ottobre. Per le postazioni di Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino, come introdotto in precedenza (par. 2.1), sono stati eseguiti un numero inferiore di campionamenti, in accordo col protocollo analitico stabilito con ARPA Lazio. Per il calcolo dei valori medi, si sono adottate le seguenti convenzioni, in accordo anche con le indicazioni contenute nel già citato Rapporto ISTISAN 04/15:

- quando la concentrazione di un parametro è stata inferiore al limite di rilevabilità (LdR), il calcolo della media è stato eseguito utilizzando la metà del valore del LdR. I valori corrispondenti al LdR sono evidenziati in rosso, in corsivo;
- la deviazione standard è stata calcolata quando almeno nel 50% dei campioni (colonna “%>LdR”) si è determinato un valore maggiore del limite di rivelabilità;
- nelle colonne “ N_{tot} ” è stato indicato il numero di campioni prelevati in ambiente mentre nelle colonne “ n_{LdR} ” il numero di campioni con concentrazione superiore al limite di rivelabilità;
- se un metallo non è stato mai rilevato in nessun campione compare uno zero nella colonna “%>LdR” e il valore medio corrisponde al LdR;
- nelle tabelle sono stati inclusi anche altri valori statistici quali mediana, 25° e 75° percentile, minima e massima concentrazione dell’anno, calcolate quando almeno tre valori sono risultati maggiori del LdR:

Borgo Aurelia Valori statistici 2009 per IPA										
	Media	Dev Stand	N_{tot}	n_{LdR}	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Naftalene [ng/m ³]	0.149	0.246	51	36	71	0,045	0.005	0.141	0.005	1.106
2-Metilnaftalene [ng/m ³]	0.072	0.114	51	31	61	0.024	0.005	0.072	0.005	0.516
1-Metilnaftalene [ng/m ³]	0.115	0.178	51	36	71	0.054	0.005	0.117	0.005	0.903
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m ³]	0.054	0.090	51	31	61	0.023	0.005	0.053	0.005	0.506
Acenaftilene [ng/m ³]	0.041	0.075	51	26	51	0.012	0.005	0.027	0.005	0.340
Acenaftene [ng/m ³]	0.012	n.c.	51	17	33	0.005	0.005	0.013	0.005	0.097
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m ³]	0.078	0.196	51	39	76	0.021	0.011	0.043	0.005	1.308
Fluorene [ng/m ³]	0.189	0.310	51	42	82	0.068	0.031	0.174	0.005	1.481
Fenantrene [ng/m ³]	1.036	1.104	51	44	86	0.748	0.320	1.328	0.005	4.842
Antracene [ng/m ³]	0.061	0.122	51	40	78	0.031	0.012	0.051	0.005	0.815
1-Metilfenantrene [ng/m ³]	0.154	0.122	51	44	86	0.125	0.088	0.180	0.005	0.541
Fluorantene [ng/m ³]	0.420	0.424	51	44	86	0.270	0.170	0.582	0.005	1.943
Pirene [ng/m ³]	0.267	0.257	51	44	86	0.187	0.113	0.341	0.005	1.102
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m ³]	0.005	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[a]antracene [ng/m ³]	0.024	0.037	51	27	53	0.012	0.005	0.028	0.005	0.252
Crisene [ng/m ³]	0.055	0.068	51	41	80	0.043	0.016	0.057	0.005	0.419
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m ³]	0.088	0.096	51	35	69	0.053	0.010	0.132	0.010	0.502
Benzo[k]fluorantene [ng/m ³]	0.026	n.c.	51	11	22	0.010	0.010	0.010	0.010	0.232
Benzo[e]pirene [ng/m ³]	0.024	n.c.	51	17	33	0.010	0.010	0.034	0.010	0.090
Benzo[a]pirene [ng/m ³]	0.020	n.c.	51	11	22	0.010	0.010	0.010	0.010	0.102
Perilene [ng/m ³]	0.013	n.c.	51	2	4	0.010	0.010	0.010	0.010	0.170
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m ³]	0.027	n.c.	51	12	24	0.010	0.010	0.010	0.010	0.212
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m ³]	0.010	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m ³]	0.025	n.c.	51	13	25	0.010	0.010	0.022	0.010	0.186
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m ³]	0.010	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m ³]	0.010	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m ³]	0.010	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m ³]	0.010	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Totale [ng/m ³]	3.00	2.95	-	-	-	2.35	1.41	3.49	0.200	13.65

		Parco Antonelli Valori statistici 2009 per IPA									
		Media	Dev Stand	N _{tot}	n _{tar}	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Naftalene	[ng/m ³]	0.229	0.492	51	41	80	0.056	0.015	0.226	0.005	2.853
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.117	0.220	51	38	75	0.028	0.008	0.102	0.005	1.113
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.189	0.328	51	41	80	0.054	0.018	0.176	0.005	1.501
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.093	0.162	51	33	65	0.032	0.005	0.101	0.005	0.782
Acenaftilene	[ng/m ³]	0.078	0.114	51	37	73	0.020	0.005	0.082	0.005	0.397
Acenaftene	[ng/m ³]	0.023	0.028	51	28	55	0.012	0.005	0.023	0.005	0.100
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.128	0.255	51	44	86	0.045	0.017	0.098	0.005	1.489
Fluorene	[ng/m ³]	0.301	0.342	51	45	88	0.143	0.068	0.447	0.005	1.368
Fenantrene	[ng/m ³]	2.063	1.480	51	46	90	1.851	1.237	2.696	0.005	8.223
Antracene	[ng/m ³]	0.174	0.156	51	46	90	0.130	0.072	0.228	0.005	0.781
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	0.319	0.183	51	46	90	0.338	0.205	0.420	0.005	0.989
Fluorantene	[ng/m ³]	0.777	0.483	51	46	90	0.746	0.535	0.952	0.005	2.510
Pirene	[ng/m ³]	0.692	0.427	51	46	90	0.664	0.448	0.877	0.005	2.336
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	0.005	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	0.046	0.044	51	46	90	0.030	0.016	0.062	0.005	0.228
Crisene	[ng/m ³]	0.111	0.089	51	46	90	0.081	0.050	0.153	0.005	0.418
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	0.164	0.145	51	46	90	0.116	0.064	0.202	0.010	0.623
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	0.041	n.c.	51	19	37	0.010	0.010	0.051	0.010	0.338
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	0.055	0.052	51	34	67	0.040	0.010	0.074	0.010	0.267
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	0.034	n.c.	51	16	31	0.010	0.010	0.049	0.010	0.255
Perilene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	51	1	2	0.010	0.010	0.010	n.c.	n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	0.052	0.057	51	30	59	0.035	0.010	0.069	0.010	0.269
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	51	1	2	0.010	0.010	0.010	n.c.	n.c.
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m ³]	0.067	0.068	51	36	71	0.044	0.010	0.098	0.010	0.345
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	51	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Totale	[ng/m ³]	5.82	4.03	-	-	-	5.03	3.36	7.73	0.20	19.39

		Poggio Ombriccolo Valori statistici 2009 per IPA									
		Media	Dev Stand	N _{tot}	n _{tar}	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Naftalene	[ng/m ³]	0.330	0.690	23	15	65	0.054	0.005	0.226	0.005	2.958
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.118	0.221	23	12	52	0.022	0.005	0.093	0.005	0.827
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.184	0.335	23	16	70	0.048	0.005	0.105	0.005	1.236
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.062	0.105	23	12	52	0.011	0.005	0.053	0.005	0.370
Acenaftilene	[ng/m ³]	0.071	n.c.	23	10	43	0.005	0.005	0.032	0.005	0.715
Acenaftene	[ng/m ³]	0.012	n.c.	23	4	17	0.005	0.005	0.005	0.005	0.071
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.075	0.143	23	13	57	0.013	0.005	0.032	0.005	0.557
Fluorene	[ng/m ³]	0.231	0.390	23	16	70	0.050	0.005	0.193	0.005	1.316
Fenantrene	[ng/m ³]	0.921	1.002	23	20	87	0.571	0.349	1.185	0.005	4.462
Antracene	[ng/m ³]	0.033	0.047	23	14	61	0.014	0.005	0.029	0.005	0.191
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	0.373	0.997	23	20	87	0.126	0.083	0.271	0.005	4.899
Fluorantene	[ng/m ³]	0.368	0.401	23	19	83	0.238	0.144	0.517	0.005	1.660
Pirene	[ng/m ³]	0.425	0.841	23	19	83	0.237	0.123	0.375	0.005	4.176
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	0.005	n.c.	23	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	0.022	n.c.	23	10	43	0.005	0.005	0.031	0.005	0.092
Crisene	[ng/m ³]	0.054	0.065	23	17	74	0.029	0.010	0.065	0.005	0.218
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	0.076	0.107	23	13	57	0.038	0.010	0.110	0.010	0.482
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	0.031	n.c.	23	4	17	0.010	0.010	0.010	0.010	0.146
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	0.027	n.c.	23	4	17	0.010	0.010	0.010	0.010	0.109
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	0.024	n.c.	23	4	17	0.010	0.010	0.010	0.010	0.109
Perilene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	23	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	0.029	n.c.	23	4	17	0.010	0.010	0.010	0.010	0.132
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	23	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m ³]	0.025	n.c.	23	4	17	0.010	0.010	0.010	0.010	0.104
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	23	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	23	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	23	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	23	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Totale	[ng/m ³]	3.56	3.91	-	-	-	1.82	1.15	4.38	0.20	12.62

		Bagni S. Agostino Valori statistici 2009 per IPA									
		Media	Dev Stand	N _{tot}	n _{LOD}	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Naftalene	[ng/m ³]	0.240	0.534	24	15	63	0.024	0.005	0.200	0.005	2.508
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.108	0.196	24	12	50	0.011	0.005	0.109	0.005	0.859
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	0.167	0.312	24	13	54	0.017	0.005	0.136	0.005	1.375
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.073	0.101	24	12	50	0.008	0.005	0.121	0.005	0.302
Acenafilene	[ng/m ³]	0.070	n.c.	24	11	46	0.005	0.005	0.086	0.005	0.481
Acenafte	[ng/m ³]	0.027	0.047	24	13	54	0.013	0.005	0.023	0.005	0.224
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	0.103	0.189	24	20	83	0.024	0.012	0.084	0.005	0.827
Fluorene	[ng/m ³]	0.232	0.351	24	20	83	0.098	0.032	0.186	0.005	1.287
Fenantrene	[ng/m ³]	1.001	1.411	24	21	88	0.550	0.293	1.018	0.005	6.180
Antracene	[ng/m ³]	0.080	0.151	24	21	88	0.041	0.015	0.057	0.005	0.719
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	0.111	0.072	24	21	88	0.096	0.066	0.150	0.005	0.268
Fluorantene	[ng/m ³]	0.465	0.549	24	21	88	0.245	0.122	0.506	0.005	2.129
Pirene	[ng/m ³]	0.315	0.332	24	21	88	0.212	0.107	0.390	0.005	1.160
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	0.005	n.c.	24	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	0.034	0.050	24	14	58	0.015	0.005	0.033	0.005	0.208
Crisene	[ng/m ³]	0.074	0.101	24	20	83	0.042	0.017	0.072	0.005	0.405
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	0.105	0.128	24	16	67	0.051	0.010	0.153	0.010	0.528
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	0.037	n.c.	24	5	21	0.010	0.010	0.010	0.010	0.236
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	0.035	n.c.	24	9	38	0.010	0.010	0.037	0.010	0.175
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	0.024	n.c.	24	4	17	0.010	0.010	0.010	0.010	0.099
Perilene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	24	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	0.031	n.c.	24	5	21	0.010	0.010	0.010	0.010	0.166
Dibenzo[a, b]antracene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	24	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m ³]	0.026	n.c.	24	6	25	0.010	0.010	0.015	0.010	0.118
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	24	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	24	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m ³]	0.010	n.c.	24	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m ³]	0.01	n.c.	24	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Totale	[ng/m ³]	3.42	3.99	-	-	-	2.12	0.93	3.60	0.20	15.04

Facendo un confronto dei dati medi di concentrazione dei singoli IPA delle postazioni di Civitavecchia con quelli tipici europei, i valori sono paragonabili a quelli di siti rurali e urbani come risulta dai dati riportati nella tabella seguente, tratta dalla letteratura ⁸.

Table 5: Summary of recent (not older than 1990) typical European PAH- and BaP concentrations in ng/m³ as annual mean value.

Compound	Remote site	Rural site	Urban	Traffic	Industrial
Acenaphthene	0.01	0.3-2.6			0.1
Acenaphthylene	0.01				
Antracene	n.d.	0.04-15		0.1-0.6	1.1
Benzo[a]anthracene	0.00-0.02	0.01-0.9	0.2-1.3	0.6-4.2	0.37-4.1
Benzo[a]pyrene	0.02	0.02-1.6	0.4-2	0.7-3.1	0.5-3.9
Benzo[e]pyrene	0.01-0.02	0.18-1.1	0.2-2.1	0.9-3.7	0.65-8.0
Benzo[b]fluoranthene	0.00-0.01	0.04-0.6			0.3-3.4
Benzo[k]fluoranthene	0.01	0.15-1.0	0.5-2.8	1-4.7	0.7-5.2
Benzo[ghi]perylene					
Benzo[ghi]perylene		0.04-0.32	0.2-1		0.3-1.7
Chrysene		0.02-4.4	0.3-2.2		0.3-3.7
Crocinene	0.00-0.01	0.02-0.5	0.1-0.6	0.4-2.5	0.26-3.2
Dibenzo[a,h]anthracene	n.d.	0.02-1.1	0.06-0.3	0.1-0.4	0.05-7.5
Fluoranthene	0.14	0.04-7.4			4.2
Fluorene	0.2-0.4	0.3-46		9.9-16.7	
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0.02-0.04	0.04-0.21	0.3-2.1	1.3-2.6	0.4-3.7
Perylene	0.1-0.3	0.42-150			15
Pyrene	0.08	0.1-6.1	0.34-1.2	0.2-1.5	7.5

⁸ Not detected

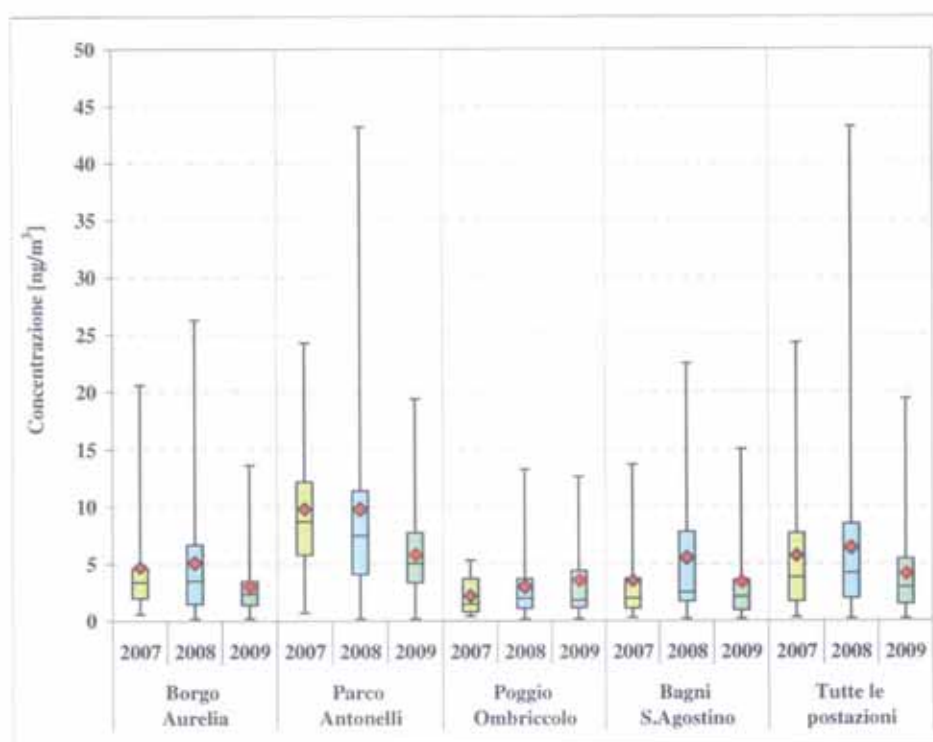
⁸ EC Working Group On Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: "Ambient Air Pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)" - Position Paper Annexes, 2001, reperibile dal sito http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/pp_pah.pdf

Nella tabella riportata sotto, sono stati sintetizzati alcuni valori statistici delle concentrazioni in aria di **IPA totali** riferiti all'intero periodo di monitoraggio del 2009, espressi ancora in ng/m^3 :

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino	Tutte le postazioni
Media	3.0	5.8	3.6	3.4	4.1
Mediana	2.3	5.0	1.8	2.1	2.9
25° Percentile	1.4	3.4	1.1	0.9	1.5
75° Percentile	3.5	7.7	4.4	3.6	5.4
Minimo	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Massimo	13.7	19.4	12.6	15.0	19.4

Da tali valori si evidenzia la peculiarità della postazione urbana di Parco Antonelli in cui si ha una concentrazione media annuale di IPA quasi doppia rispetto a quelle delle altre postazioni che hanno un carattere molto meno urbano.

Da notare, però, che per tutte le postazioni la media e la mediana dei valori sono dissimili tra di loro, indicativo del fatto che le medie sono influenzate da pochi valori molto elevati. Ciò è evidenziabile meglio dalla figura sottostante in cui i dati statistici degli IPA del 2009 sono messi a confronto con quelli degli anni precedenti, utilizzando la rappresentazione a box con "whisker plot". Per le convenzioni grafiche si veda più sopra.



Dalla figura precedente si nota che i valori medi e mediani annuali di IPA totali del 2009 a Borgo Aurelia e Parco Antonelli sono diminuiti rispetto a quelli del 2008 e del 2007. A Poggio Ombriccolo le concentrazioni medie annuali di IPA sono rimaste pressoché equivalenti a quelle degli anni precedenti mentre a Bagni S. Agostino la media annuale del 2009 è inferiore a quella del 2008 e praticamente identica a quella del 2007.

Rispetto ai dati del 2008, è diminuita anche la dispersione dei valori di IPA, valutata sia come ampiezza del box centrale, il quale contiene il 50% dei valori, sia come differenza tra minimo e massimo rilevato in ciascuna postazione, che rappresenta il 100% dei dati.

Nella tabella sottostante, infine, sono riportati ulteriori dati di sintesi, riguardanti la quantità media di IPA a 2-4 anelli e a 5-6 anelli nonché la % di IPA a 5-6 anelli rispetto al totale in ciascuna postazione:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
IPA totali [ng/m³]	3.0	5.8	3.6	3.4
IPA 2-4 anelli [ng/m³]	2.7	5.3	3.3	3.1
IPA 5-6 anelli [ng/m³]	0.3	0.5	0.3	0.3
<i>IPA 5-6 anelli [%]</i>	9	8	8	9

Relativamente ai risultati della tabella precedente, emergono alcune interessanti osservazioni, riassunte di seguito:

- in tutte le quattro postazioni, gli IPA da 2 a 4 anelli, alchilati e non alchilati, sono stati più abbondanti rispetto a quelli pesanti (5 e 6 anelli). La concentrazione media annuale massima di IPA a 2-4 anelli (IPA volatili) si è avuta nella postazione urbana di Parco Antonelli, la minima a Borgo Aurelia.
- gli IPA pesanti, tra i quali si annoverano composti cancerogeni, rappresentano solo l'8 - 9 % degli IPA totali in tutte le postazioni.

3.4 Deposizioni atmosferiche

Come descritto al par. 2.2, le deposizioni atmosferiche, distinte in deposizioni umide ("wet") e secche ("dry"), raccolte con campionatori dedicati, sono state caratterizzate per i seguenti gruppi di parametri:

- **Microinquinanti inorganici:**
Al, As, Be, Cr, Co, Ni, Cd, Hg, Tl, Se, Te, Sb, Mn, Pd, Pt, Pb, Cu, Rh, Sn, V, Zn, Ti
- **Sostanze influenzanti l'acidità atmosferica:**
Ca, Na, Mg, K, NH₄, SO₄²⁻, NO₃⁻ e Cl⁻
- **Idrocarburi aromatici policiclici:**
Naftalene; 2-Metilnaftalene; 1-Metilnaftalene; 2,6-Dimetilnaftalene; Acenaftilene; Acenaftene; 2,3,5-Trimetilnaftalene; Fluorene; Fenantrene; Antracene; 1-Metilfenantrene; Fluorantene; Pirene; Ciclopenta[c,d]pirene; Benzo[a]antracene; Crisene; Benzo[j]fluorantene; Benzo[b]fluorantene; Benzo[k]fluorantene; Benzo[e]pirene; Benzo[a]pirene; Perilene; Indeno[1,2,3-cd]pirene; Dibenzo[a,h]antracene; Benzo[g,h,i]perilene; Dibenzo[a,e]pirene; Dibenzo[a,h]pirene; Dibenzo[a,i]pirene; Dibenzo[a,l]pirene
- **pH e conducibilità (solo "wet")**

Nel presente rapporto vengono riportati i dati di deposizione, espressi in termini di massa totale e di flussi medi di specie chimiche trasferite a terra, e alcune valutazioni sugli andamenti tipici riscontrati. Per i calcoli, ci si è attenuti alle indicazioni contenute nel Rapporto ISTISAN 06/38 ⁽⁹⁾ che rimanda al già citato Rapporto ISTISAN 04/15 ⁽³⁾.

3.4.1 Deposizioni atmosferiche umide

Tra gennaio ed ottobre del 2009, si sono avuti complessivamente una ventina di eventi umidi. La quantità di precipitazioni, in mm, è indicata nella tabella seguente :

Data inizio	Data fine	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
02.01.2009	08.01.2009	17	29	20	24
08.01.2009	14.01.2009	10	9	10	11
14.01.2009	20.01.2009	6	4	10	10
20.01.2009	26.01.2009	19	31	27	28
26.01.2009	01.02.2009	14	18	5	12
01.02.2009	07.02.2009	3	3	3	3
07.02.2009	13.02.2009	14	12	17	21
13.02.2009	19.02.2009	-	-	-	-
19.02.2009	25.02.2009	12	6	10	13
25.02.2009	03.03.2009	9	17	18	7
03.03.2009	09.03.2009	16	27	27	18
09.03.2009	15.03.2009	-	-	-	-
15.03.2009	21.03.2009	-	-	-	-
21.03.2009	27.03.2009	-	-	-	-
27.03.2009	02.04.2009	11	14	11	14
02.04.2009	08.04.2009	-	-	-	-
08.04.2009	14.04.2009	-	-	-	-
14.04.2009	20.04.2009	14	9	16	12
20.04.2009	26.04.2009	3	-	9	3
26.04.2009	02.05.2009	16	22	26	18
02.05.2009	08.05.2009	-	-	-	-
08.05.2009	14.05.2009	-	-	-	-

⁹ Menichini E., Settimo G., Viviano G.: "Metodi per la determinazione di As, Cd, Ni e idrocarburi policiclici aromatici nelle deposizioni atmosferiche". Rapporto ISTISAN 06/38, 2006.

Data inizio	Data fine	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
14.05.2009	20.05.2009	-	-	-	-
20.05.2009	26.05.2009	-	-	-	-
26.05.2009	01.06.2009	25	38	34	34
01.06.2009	07.06.2009	33	21	28	44
07.06.2009	13.06.2009	-	-	-	-
13.06.2009	19.06.2009	-	-	-	-
19.06.2009	25.06.2009	59	84	40	54
25.06.2009	01.07.2009	-	-	-	-
01.07.2009	07.07.2009	-	-	-	-
07.07.2009	13.07.2009	-	-	-	-
13.07.2009	19.07.2009	-	-	-	-
19.07.2009	25.07.2009	-	-	-	-
25.07.2009	31.07.2009	-	-	-	-
31.07.2009	06.08.2009	-	-	-	-
06.08.2009	12.08.2009	-	-	-	-
12.08.2009	18.08.2009	-	-	-	-
18.08.2009	24.08.2009	-	-	-	-
24.08.2009	30.08.2009	-	-	-	-
30.08.2009	05.09.2009	-	-	-	-
05.09.2009	11.09.2009	-	-	-	-
11.09.2009	17.09.2009	29	59	68	64
17.09.2009	23.09.2009	4	5	8	3
23.09.2009	29.09.2009	-	-	-	-
29.09.2009	05.10.2009	-	-	-	-
05.10.2009	11.10.2009	13	13	22	20
11.10.2009	17.10.2009	-	-	-	-
17.10.2009	23.10.2009	28	26	34	28
23.10.2009	29.10.2009	-	-	-	-
Totale eventi		21	20	21	21
Precipitazione totale (mm)		355	446	442	439

Questi eventi sono stati caratterizzati per metalli, specie ioniche e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA). In luglio ed agosto non vi sono stati eventi umidi.

La piovosità complessiva mensile è riportata nella tabella sottostante, sempre espressa in mm di precipitazione:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
Gennaio	66	91	72	85
Febbraio	38	37	48	43
Marzo	27	41	38	32
Aprile	33	31	50	33
Maggio	25	38	34	34
Giugno	92	105	68	98
Luglio	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0
Settembre	33	63	76	67
Ottobre	41	38	56	48

3.4.1.1 Metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide

Per quanto riguarda i metalli pesanti e le specie ioniche, nelle tabelle che seguono sono riportate le deposizioni totali, per unità di superficie, avvenute mensilmente nelle quattro postazioni. Per quanto riguarda i solfati, in fondo a ciascuna tabella sono stati riportati i contributi alla deposizione totale attribuibile ai solfati marini e a quelli non marini¹⁰.

Le concentrazioni mensili di metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide della postazione di **Borgo Aurelia** sono mostrate di seguito:

Postazione	Borgo Aurelia												
Mese		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giù	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	1617	1210	674	821	621	2306	-	-	827	1045	-	-
As	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	64.7	37.7	27.0	32.8	25	92	-	-	33	42	-	-
Be	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	6.1	1.9	1.3	1.6	1.2	20.6	-	-	1.7	2.1	-	-
Cd	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	6.5	3.8	2.7	3.3	2	9	-	-	3	4	-	-
Co	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	6.5	3.8	2.7	3.3	2.5	9.2	-	-	3.3	4.2	-	-
Cr	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	32.3	18.8	13.5	16.4	12.4	46.1	-	-	16.5	20.9	-	-
Cu	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	129.0	51.0	27.0	32.8	24.8	92.2	-	-	130.6	41.8	-	-
Hg	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	16.2	9.4	6.7	8.2	6.2	23.1	-	-	8.3	22.9	-	-
Mn	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	126.2	50.9	67.2	47.4	12.4	113.7	-	-	29.4	45.8	-	-
Ni	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	32.3	18.8	13.5	16.4	12.4	46.1	-	-	16.5	20.9	-	-
Pb	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	18.4	20.0	6.7	8.2	6.2	23.1	-	-	30.6	22.9	-	-
Pd	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	12.9	7.5	5.4	6.6	5.0	18.4	-	-	6.6	8.4	-	-
Pt	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	6.5	3.8	2.7	3.3	13.5	24.0	-	-	11.9	4.2	-	-
Rh	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	16.2	9.4	6.7	8.2	6.2	23.1	-	-	8.3	10.5	-	-
Sb	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	12.9	7.5	5.4	6.6	5.0	18.4	-	-	6.6	8.4	-	-
Se	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	194.0	113.0	80.9	98.5	74.5	276.7	-	-	99.2	125.4	-	-
Sn	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	32.3	18.8	13.5	16.4	12.4	46.1	-	-	16.5	20.9	-	-
Te	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	32.3	18.8	13.5	16.4	12.4	46.1	-	-	16.5	20.9	-	-
Ti	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	391.6	119.6	27.0	32.8	24.8	92.2	-	-	33.1	41.8	-	-
Tl	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	16.2	9.4	6.7	8.2	6.2	23.1	-	-	8.3	22.9	-	-
V	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	64.7	37.7	27.0	32.8	24.8	92.2	-	-	33.1	41.8	-	-
Zn	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	2570.9	557.4	396.2	437.7	85	485	-	-	696	959	-	-
SO ₄ ⁻ totali	[mg/m ²]	113.4	59.9	79.3	49.6	50.2	111.9	-	-	82.1	33.4	-	-
NO ₃ ⁻	[mg/m ²]	136.8	56.8	41.5	33.2	63.2	103.8	-	-	55.3	40.1	-	-
Cl ⁻	[mg/m ²]	323.4	112.7	246.7	93.6	50.0	170.8	-	-	95.9	38.9	-	-
Ca	[mg/m ²]	111.8	43.3	57.5	43.3	82.4	37.7	-	-	181.6	47.8	-	-
Na	[mg/m ²]	161.3	64.7	142.6	49.6	28.4	102.7	-	-	61.6	22.5	-	-
Mg	[mg/m ²]	22.1	10.6	23.2	10.8	8.2	14.1	-	-	29.2	5.4	-	-
K	[mg/m ²]	15.2	9.3	38.3	22.0	10.9	10.6	-	-	39.6	7.7	-	-
NH ₄ ⁺	[mg/m ²]	8.9	8.1	10.7	7.5	7.0	28.8	-	-	5.6	4.3	-	-
Metalli pesanti totali	[mg/m ²]	5.41	2.33	1.43	1.66	1.00	3.93	-	-	2.04	2.54	-	-
Specie ioniche totali	[mg/m ²]	893	365	640	310	300	581	-	-	551	200	-	-
SO ₄ ⁻ non marini	[mg/m ²]	73.7	44.0	44.3	37.4	43.2	86.6	-	-	66.9	27.9	-	-
SO ₄ ⁻ marini	[mg/m ²]	39.7	15.9	35.1	12.2	7.0	25.3	-	-	15.2	5.5	-	-

¹⁰ Si è utilizzata la seguente equazione di Brewer (1975): $[\text{SO}_4^{2-} \text{ non marini}] = [\text{SO}_4^{2-}]_{\text{tot}} - 0.246 \times [\text{Na}^+]$, già utilizzata in precedenza per i solfati nel PM10

Le concentrazioni mensili di metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide della postazione di **Parco Antonelli** sono riportate nella tabella seguente:

Postazione	Parco Antonelli												
Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	
Al	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2817	1280	2085	780	961	2619	-	-	1581	962	-	-
As	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	90	37	41	31	38	104.8	-	-	63	38	-	-
Be	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	6.7	2.1	2.1	1.6	1.9	28.1	-	-	3.2	1.9	-	-
Cd	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	9.0	3.7	4.1	3.1	4	10.5	-	-	6.3	3.8	-	-
Co	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	9.0	3.7	4.1	3.1	3.8	10.5	-	-	6.3	3.8	-	-
Cr	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	45.1	18.7	20.6	15.6	19.2	52.4	-	-	31.6	19.2	-	-
Cu	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	95.5	37.4	41.1	31.2	38.4	104.8	-	-	63.2	38.5	-	-
Hg	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	22.6	9.3	10.3	7.8	9.6	26.2	-	-	15.8	9.6	-	-
Mn	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	82.8	64.5	141.7	24.5	65.8	107.6	-	-	117.3	47.0	-	-
Ni	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	45.1	18.7	20.6	15.6	19.2	52.4	-	-	31.6	19.2	-	-
Pb	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	26.6	13.0	10.3	7.8	9.6	26.2	-	-	51.3	16.9	-	-
Pd	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	18.0	7.5	8.2	6.2	7.7	21.0	-	-	12.6	7.7	-	-
Pt	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	9.0	3.7	4.1	3.1	20.9	19.6	-	-	22.5	8.0	-	-
Rh	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	22.6	9.3	10.3	7.8	9.6	26.2	-	-	15.8	9.6	-	-
Sb	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	18.0	7.5	8.2	6.2	7.7	21.0	-	-	12.6	7.7	-	-
Se	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	270.6	112.1	123.3	93.6	115.3	314.3	-	-	189.7	115.4	-	-
Sn	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	45.1	18.7	20.6	15.6	19.2	52.4	-	-	31.6	19.2	-	-
Te	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	45.1	18.7	20.6	15.6	19.2	52.4	-	-	31.6	19.2	-	-
Ti	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	423.4	124.7	68.9	31.2	38.4	104.8	-	-	63.2	38.5	-	-
Tl	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	22.6	9.3	10.3	7.8	9.6	26.2	-	-	15.8	9.6	-	-
V	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	90.2	37.4	41.1	31.2	38.4	104.8	-	-	63.2	38.5	-	-
Zn	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	7074	2533	234	104	38	104.8	-	-	382	568	-	-
SO ₄ ⁻ totali	[mg/m^3]	112.5	84.6	102.1	32.6	37.5	122.5	-	-	70.7	32.1	-	-
NO ₃ ⁻	[mg/m^3]	213.0	76.3	61.0	19.2	41.5	112.1	-	-	86.6	60.2	-	-
Cl ⁻	[mg/m^3]	336.2	260.9	236.6	84.7	21.6	186.6	-	-	73.2	16.4	-	-
Ca	[mg/m^3]	125.7	47.1	79.4	58.1	61.0	38.2	-	-	36.6	28.2	-	-
Na	[mg/m^3]	166.9	150.4	133.3	50.8	18.7	116.0	-	-	46.1	10.4	-	-
Mg	[mg/m^3]	22.1	20.0	20.1	9.5	4.2	14.9	-	-	6.9	10.7	-	-
K	[mg/m^3]	16.6	8.7	8.4	3.3	2.8	6.4	-	-	5.2	2.2	-	-
NH ₄ ⁺	[mg/m^3]	18.1	12.2	12.1	4.2	7.5	30.0	-	-	21.3	4.5	-	-
Metalli pesanti totali	[mg/m^3]	11.29	4.37	2.93	1.24	1.50	3.99	-	-	2.81	2.00	-	-
Specie ioniche totali	[mg/m^3]	1011	660	653	263	195	627	-	-	347	165	-	-
SO ₄ ⁻ non marini	[mg/m^3]	71.5	47.6	69.3	20.1	32.9	93.9	-	-	59.4	29.6	-	-
SO ₄ ⁻ marini	[mg/m^3]	41.1	37.0	32.8	12.5	4.6	28.5	-	-	11.3	2.6	-	-

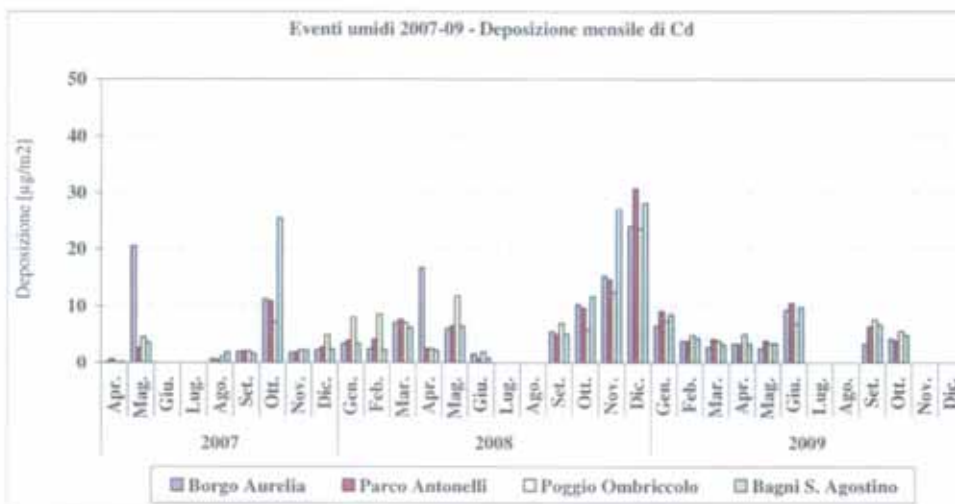
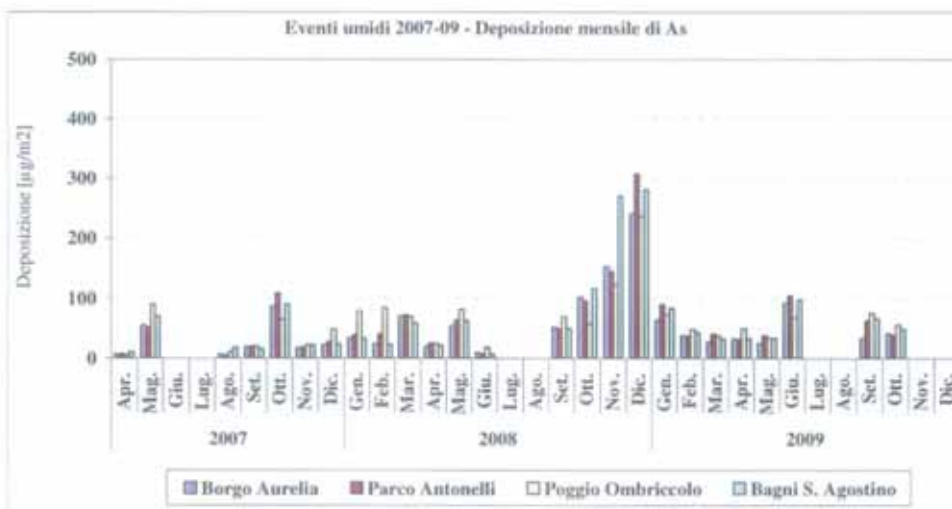
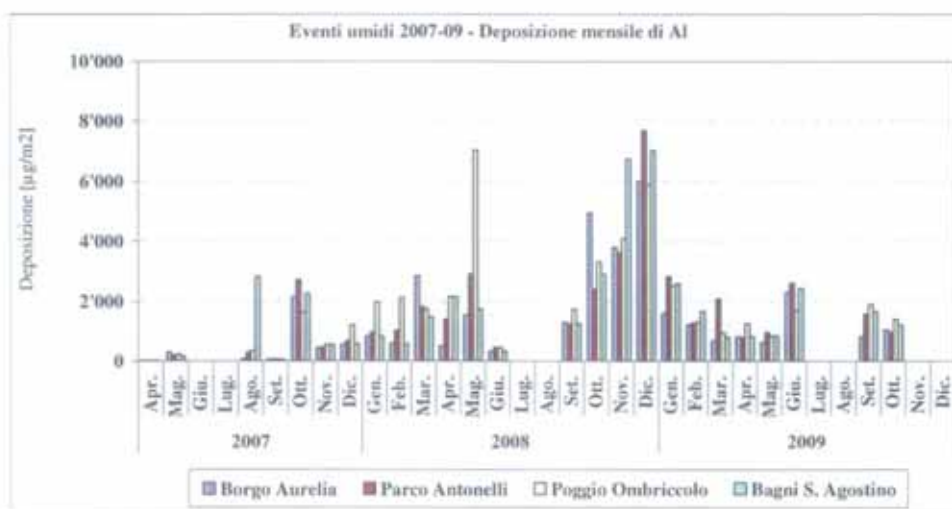
Le concentrazioni mensili di metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide della postazione di **Poggio Ombriccolo** sono riportate nella tabella seguente:

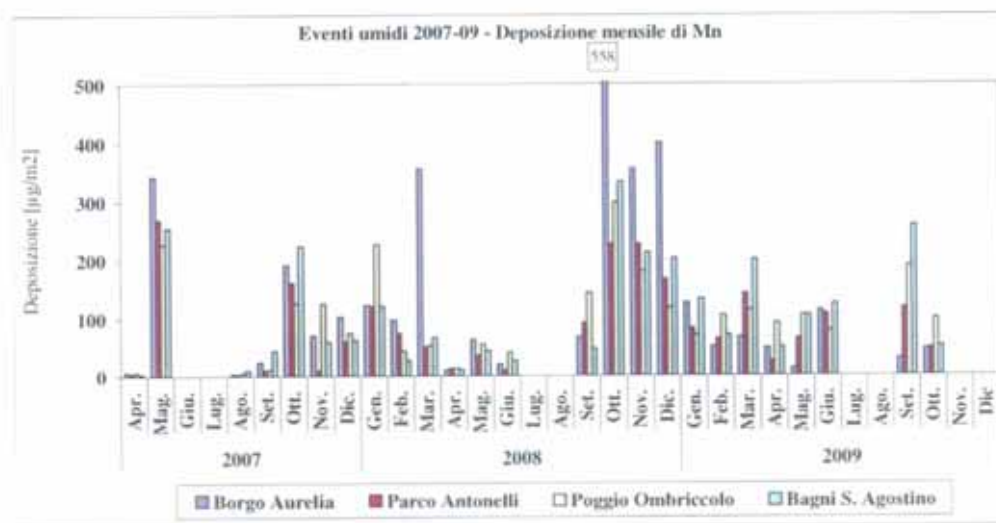
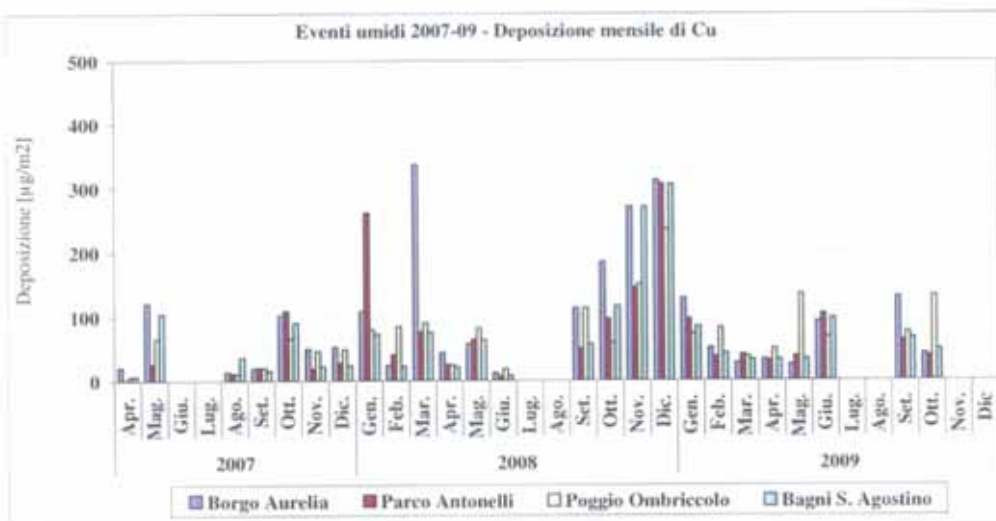
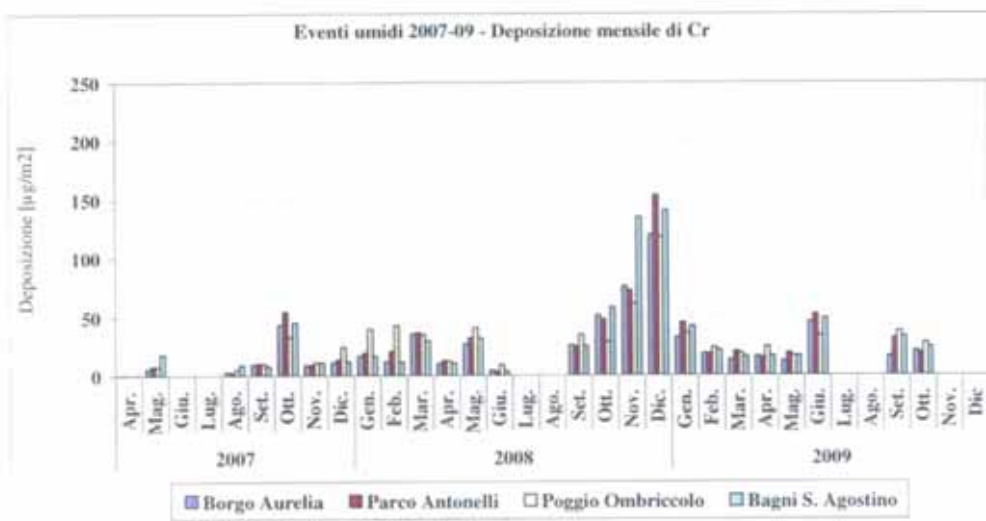
Postazione		Poggio Ombriccolo											
Mese		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2500	1295	950	1249	842	1701	-	-	1898	1401	-	-
As	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	73	48	38	50	34	68	-	-	76	56	-	-
Be	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	3.9	2.4	1.9	2.5	1.7	14.2	-	-	3.8	2.8	-	-
Cd	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	7.3	4.8	3.8	5.0	3.4	6.8	-	-	7.6	5.6	-	-
Co	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	7.3	4.8	3.8	5.0	3.4	6.8	-	-	7.6	5.6	-	-
Cr	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	36.3	24.0	19.0	25.0	16.8	34.0	-	-	38.0	28.0	-	-
Cu	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	72.6	83.2	38.0	50.0	135.7	68.0	-	-	75.9	132.6	-	-
Hg	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	18.2	12.0	9.5	12.5	8.4	17.0	-	-	19.0	14.0	-	-
Mn	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	71.1	104.9	114.3	92.0	105.5	78.1	-	-	189.3	99.5	-	-
Ni	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	36.3	60.9	19.0	25.0	16.8	34.0	-	-	38.0	28.0	-	-
Pb	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	18.2	19.5	9.5	12.5	8.4	36.9	-	-	62.0	14.0	-	-
Pd	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	14.5	9.6	7.6	10.0	6.7	13.6	-	-	15.2	11.2	-	-
Pt	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	7.3	4.8	3.8	5.0	18.3	19.4	-	-	26.9	5.6	-	-
Rh	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	18.2	12.0	9.5	12.5	8.4	17.0	-	-	19.0	14.0	-	-
Sb	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	14.5	9.6	7.6	10.0	6.7	37.2	-	-	15.2	11.2	-	-
Se	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	217.8	144.2	113.9	149.9	101.1	204.1	-	-	227.8	168.2	-	-
Sn	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	36.3	24.0	19.0	25.0	16.8	34.0	-	-	38.0	28.0	-	-
Te	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	36.3	24.0	19.0	25.0	16.8	34.0	-	-	38.0	28.0	-	-
Ti	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	203.9	104.0	38.0	50.0	33.7	68.0	-	-	75.9	56.1	-	-
Tl	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	18.2	12.0	9.5	12.5	8.4	17.0	-	-	19.0	14.0	-	-
V	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	72.6	48.1	38.0	50.0	33.7	68.0	-	-	75.9	56.1	-	-
Zn	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2455	1160	808	1107	34	1822	-	-	1685	2224	-	-
SO ₄ ⁻ totali	[mg/m^3]	91.3	63.1	68.4	60.6	37.8	80.8	-	-	104.1	49.3	-	-
NO ₃ ⁻	[mg/m^3]	88.1	71.9	45.5	56.7	20.6	72.1	-	-	136.0	50.6	-	-
Cl ⁻	[mg/m^3]	290.2	126.2	179.7	78.3	37.1	136.8	-	-	141.3	66.2	-	-
Ca	[mg/m^3]	47.3	37.8	47.9	27.7	37.0	21.4	-	-	50.7	51.9	-	-
Na	[mg/m^3]	144.5	73.8	103.8	48.2	32.3	82.5	-	-	88.7	39.1	-	-
Mg	[mg/m^3]	18.0	10.8	14.2	7.3	4.3	10.7	-	-	19.2	11.5	-	-
K	[mg/m^3]	9.0	5.1	6.2	5.1	1.7	5.6	-	-	13.7	12.2	-	-
NH ₄ ⁺	[mg/m^3]	9.5	11.7	11.6	17.4	1.7	19.5	-	-	26.2	6.4	-	-
Metalli pesanti totali	[mg/m^3]	5.94	3.21	2.28	2.99	1.46	4.40	-	-	4.65	4.40	-	-
Specie ioniche totali	[mg/m^3]	698	400	477	301	172	430	-	-	580	287	-	-
SO ₄ ⁻ non marini	[mg/m^3]	55.7	45.0	42.9	48.8	29.9	60.5	-	-	82.3	39.7	-	-
SO ₄ ⁻ marini	[mg/m^3]	35.6	18.1	25.5	11.9	7.9	20.3	-	-	21.8	9.6	-	-

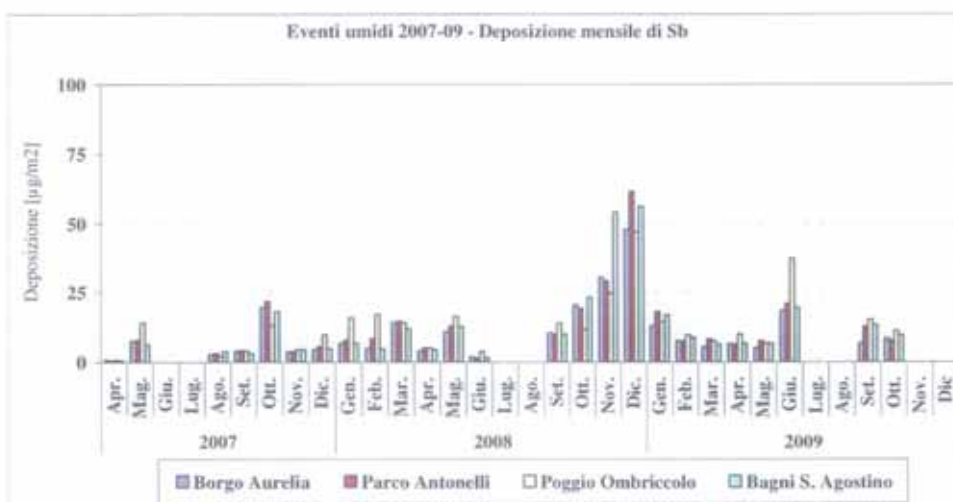
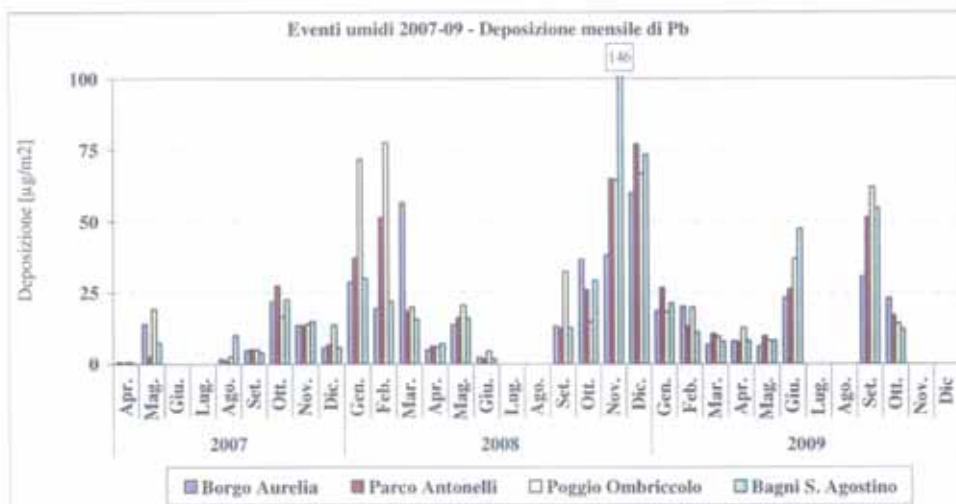
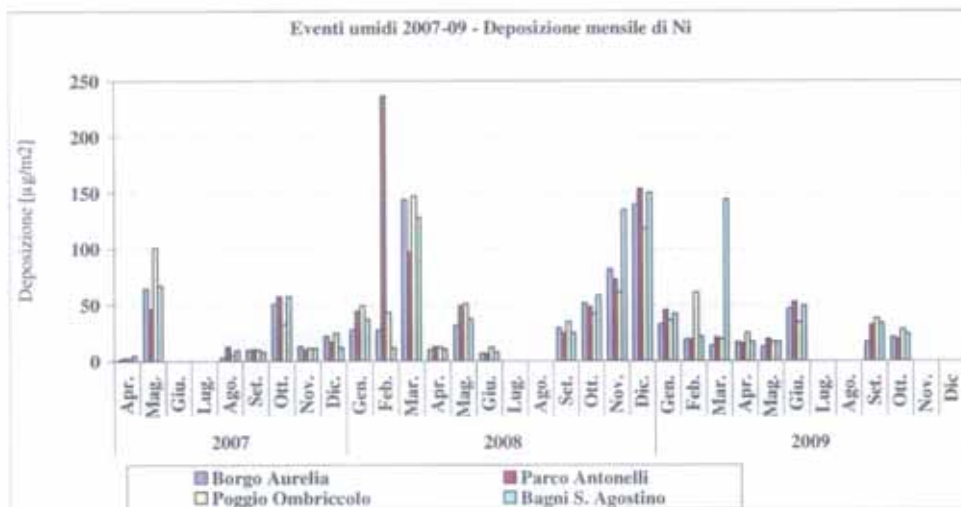
Le concentrazioni mensili di metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide della postazione di **Bagni S. Agostino** sono riportate di seguito:

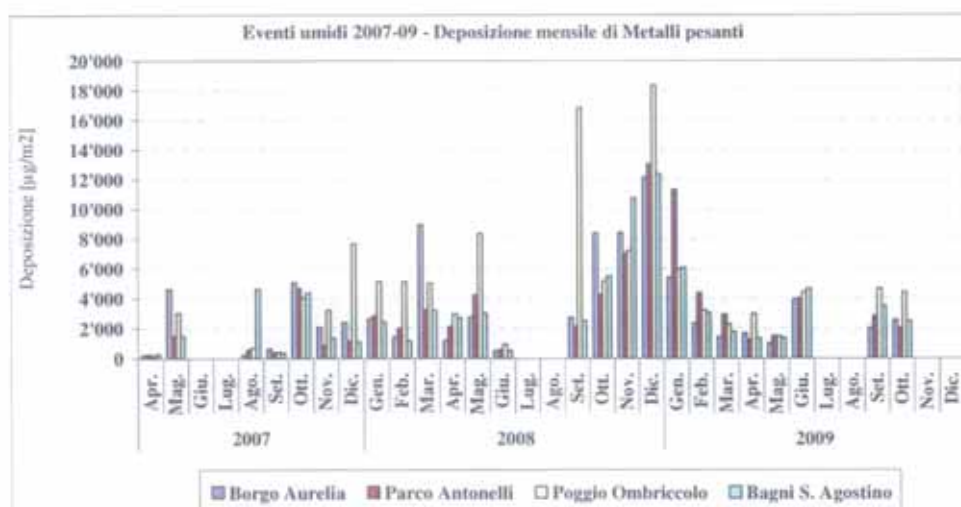
Postazione	Bagni S. Agostino											
Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al [µg/m ³]	2592	1664	797	827	840	2439	-	-	1667	1207	-	-
As [µg/m ³]	85	43	32	33	34	98	-	-	67	48	-	-
Be [µg/m ³]	7.5	2.1	1.6	1.7	1.7	19.6	-	-	3.3	2.4	-	-
Cd [µg/m ³]	8.5	4.3	3.2	3.3	3.4	9.8	-	-	6.7	4.8	-	-
Co [µg/m ³]	8.5	4.3	3.2	3.3	3.4	9.8	-	-	6.7	4.8	-	-
Cr [µg/m ³]	42.3	21.5	15.9	16.5	16.8	48.8	-	-	33.3	24.1	-	-
Cu [µg/m ³]	84.5	43.0	31.9	33.1	33.6	97.5	-	-	66.7	48.3	-	-
Hg [µg/m ³]	21.1	10.7	8.0	8.3	8.4	24.4	-	-	16.7	12.1	-	-
Mn [µg/m ³]	132.5	71.4	199.9	49.5	105.1	124.3	-	-	258.9	51.4	-	-
Ni [µg/m ³]	42.3	21.5	144.0	16.5	16.8	48.8	-	-	33.3	24.1	-	-
Pb [µg/m ³]	21.1	10.7	8.0	8.3	8.4	47.2	-	-	54.5	12.1	-	-
Pd [µg/m ³]	16.9	8.6	6.4	6.6	6.7	19.5	-	-	13.3	9.7	-	-
Pt [µg/m ³]	8.5	4.3	3.2	3.3	18.3	29.1	-	-	22.9	4.8	-	-
Rh [µg/m ³]	21.1	10.7	8.0	8.3	8.4	24.4	-	-	16.7	12.1	-	-
Sb [µg/m ³]	16.9	8.6	6.4	6.6	6.7	19.5	-	-	13.3	9.7	-	-
Se [µg/m ³]	253.6	128.9	95.6	99.2	100.8	292.6	-	-	200.1	144.8	-	-
Sn [µg/m ³]	42.3	21.5	15.9	16.5	16.8	48.8	-	-	33.3	24.1	-	-
Tc [µg/m ³]	42.3	21.5	15.9	16.5	16.8	48.8	-	-	33.3	24.1	-	-
Ti [µg/m ³]	278.4	156.1	31.9	33.1	33.6	97.5	-	-	66.7	48.3	-	-
Tl [µg/m ³]	21.1	10.7	8.0	8.3	8.4	24.4	-	-	16.7	12.1	-	-
V [µg/m ³]	84.5	43.0	31.9	33.1	33.6	97.5	-	-	66.7	48.3	-	-
Zn [µg/m ³]	2229	725	299	141	34	980	-	-	777	680	-	-
SO ₄ ⁻ totali [mg/m ³]	101.2	70.0	65.0	62.0	59.2	124.6	-	-	102.6	30.2	-	-
NO ₃ ⁻ [mg/m ³]	126.1	92.0	41.8	40.6	90.2	96.2	-	-	88.2	27.8	-	-
Cl ⁻ [mg/m ³]	295.1	182.4	145.2	113.3	48.3	270.2	-	-	37.5	29.5	-	-
Ca [mg/m ³]	58.6	42.1	45.1	49.5	78.9	41.0	-	-	23.3	12.5	-	-
Na [mg/m ³]	151.7	99.5	82.8	66.3	34.3	160.0	-	-	23.7	18.7	-	-
Mg [mg/m ³]	19.4	14.1	11.7	10.8	7.0	21.3	-	-	4.0	3.1	-	-
K [mg/m ³]	8.2	5.1	6.4	5.0	3.1	11.6	-	-	5.1	2.4	-	-
NH ₄ ⁺ [mg/m ³]	14.6	8.6	9.3	9.3	12.3	26.0	-	-	29.7	6.6	-	-
Metalli pesanti totali [mg/m ³]	6.06	3.04	1.77	1.37	1.36	4.65	-	-	3.47	2.46	-	-
Specie ioniche totali [mg/m ³]	775	514	407	357	333	751	-	-	314	131	-	-
SO ₄ ⁻ non marini [mg/m ³]	63.9	45.6	44.6	45.7	50.7	85.2	-	-	96.8	25.6	-	-
SO ₄ ⁻ marini [mg/m ³]	37.3	24.5	20.4	16.3	8.4	39.4	-	-	5.8	4.6	-	-

Nelle figure che seguono, sono confrontati gli andamenti delle concentrazioni mensili di **metalli pesanti** significativi nelle deposizioni umide del 2009 e del 2007-08:





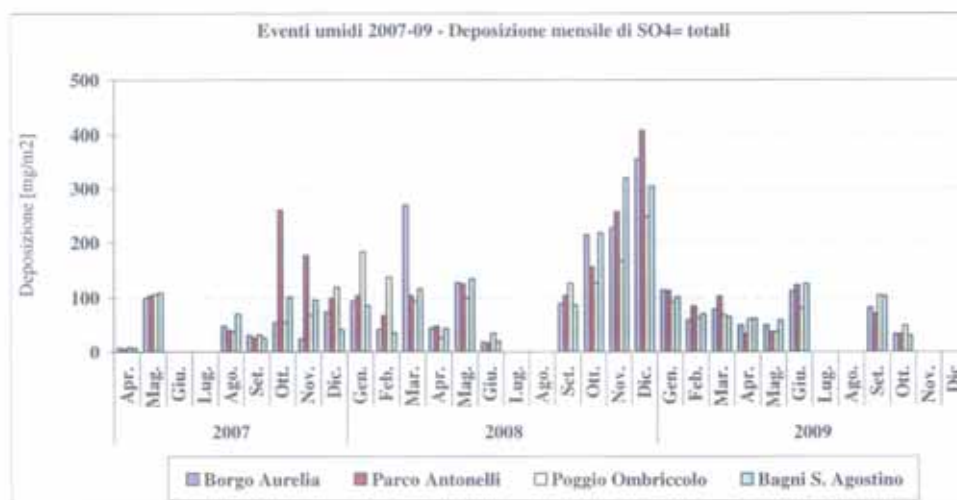


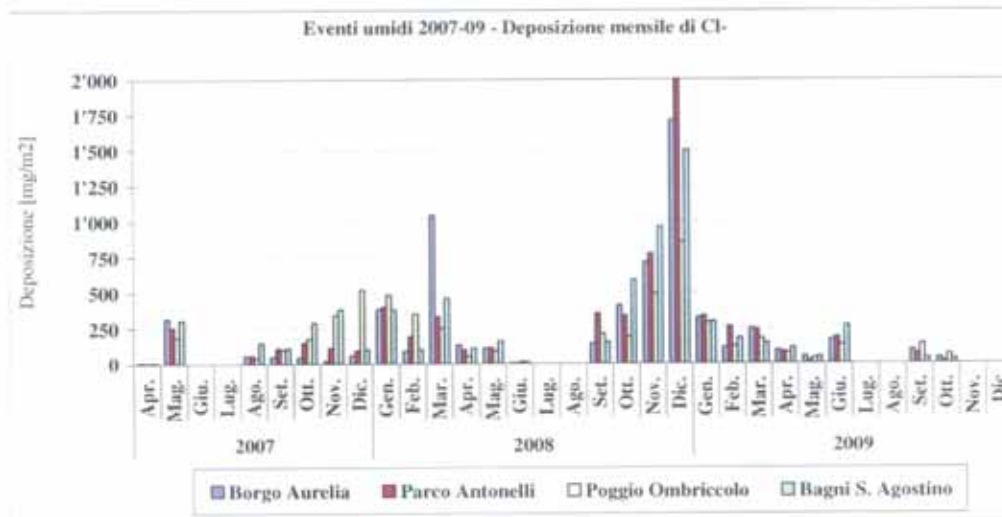
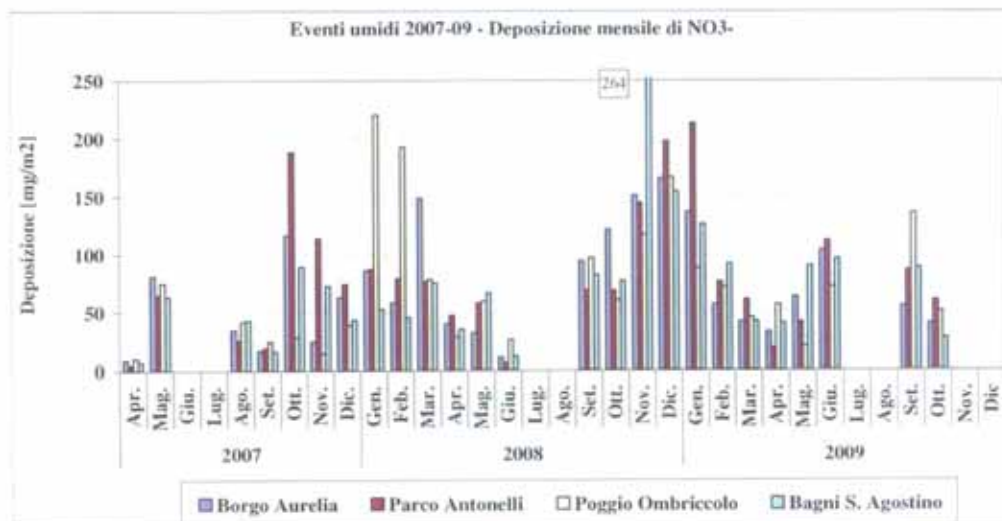
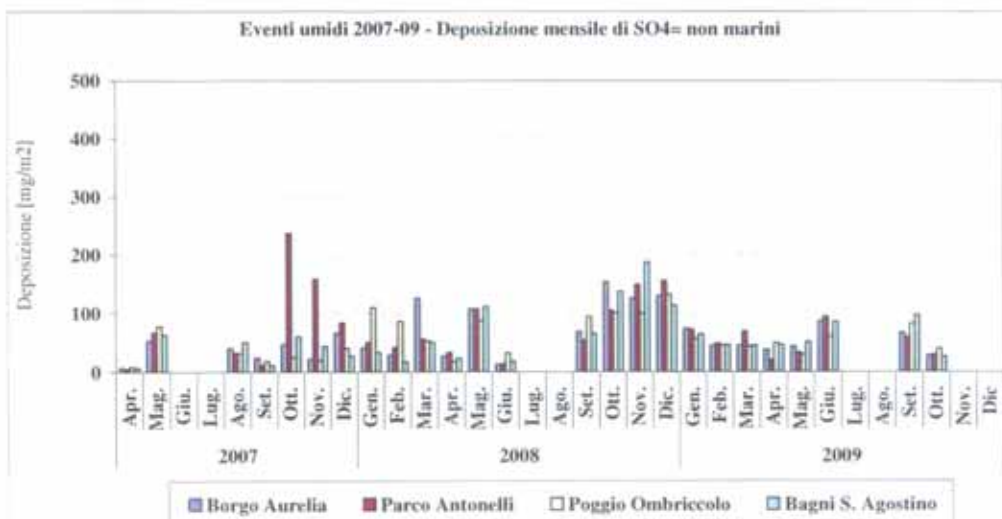


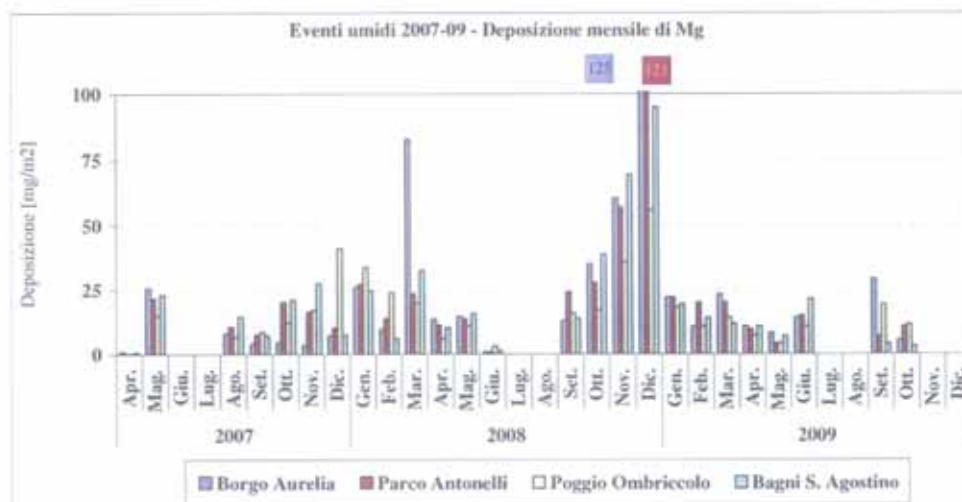
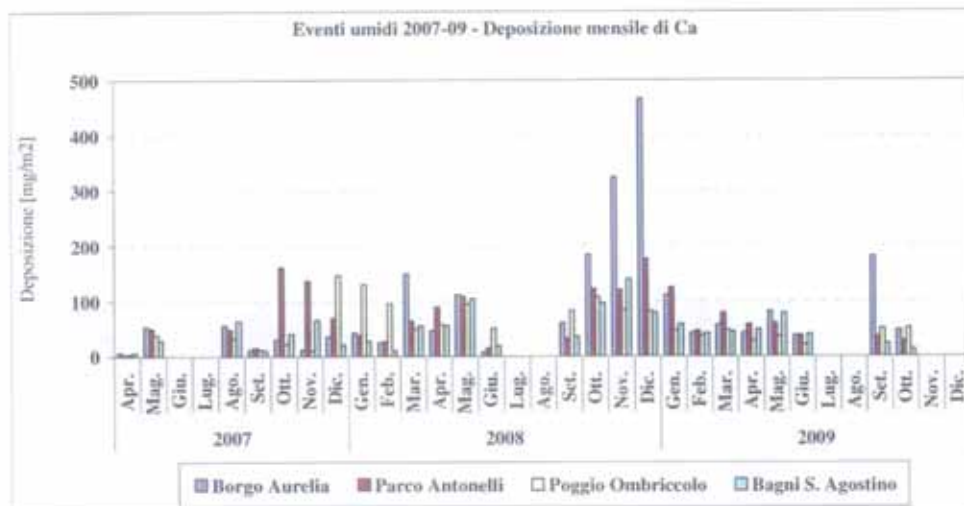
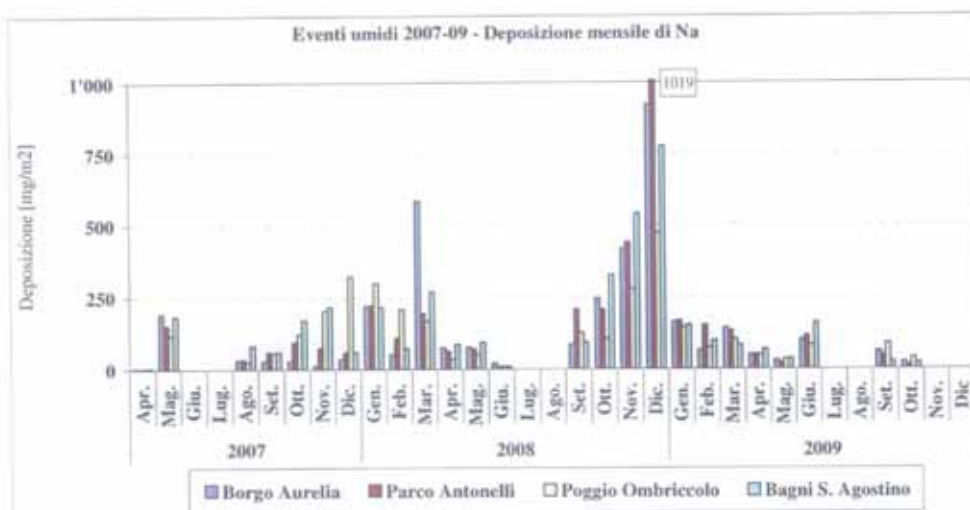
Facendo riferimento alle tabelle e figure precedenti, si possono fare alcune considerazioni:

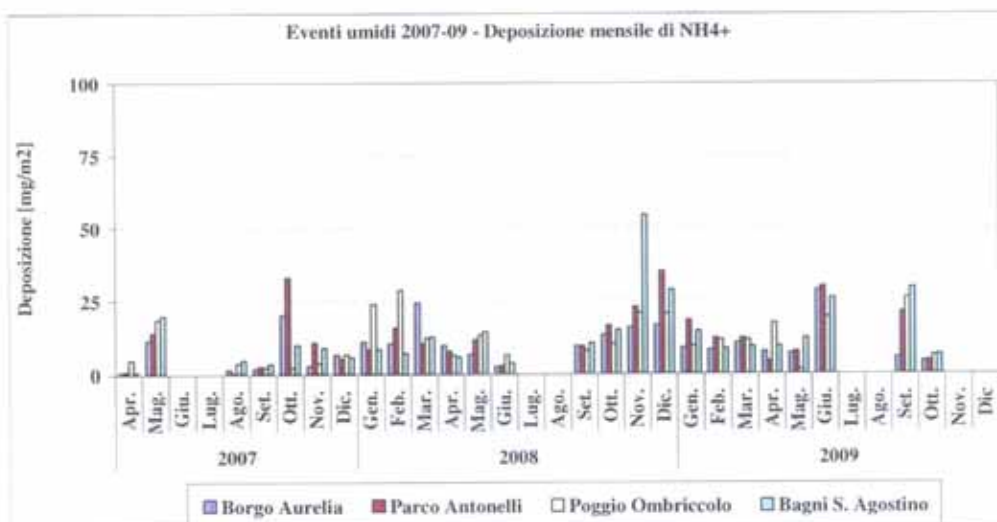
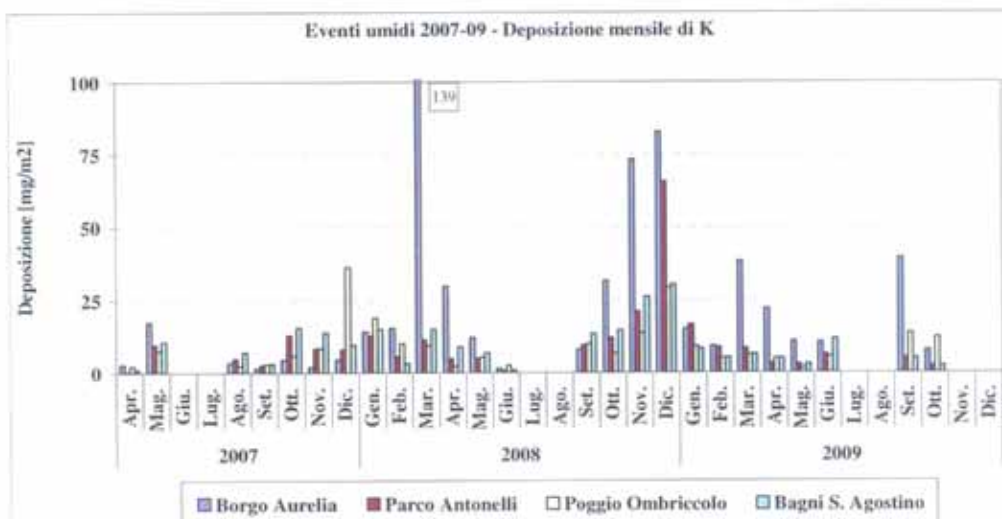
- per tutte le postazioni, il maggiore apporto di metalli da deposizioni umide si è avuto in gennaio, per poi diminuire fino a maggio. L'incremento della deposizione di metalli pesanti totali di giugno è dovuto in realtà alle elevate precipitazioni avvenute in questo mese. Fenomeni analoghi sono avvenuti in settembre ed ottobre, fra l'altro dopo due mesi di periodo secco (luglio ed agosto) in cui l'atmosfera si è sicuramente arricchita in polveri totali;
- i metalli pesanti maggiormente presenti nelle deposizioni umide sono stati Al e Zn, che da soli costituiscono il 74-80% dei metalli totali depositati;
- per la maggior parte dei metalli pesanti non sembra esserci stata una postazione sistematicamente interessata da deposizioni di metalli nettamente più abbondanti rispetto alle altre, salvo il caso dello Zn a Poggio Ombriccolo da maggio ad ottobre e sporadici casi di maggiori deposizioni di Cu a Poggio Ombriccolo in maggio ed ottobre, di Ni in febbraio a Poggio Ombriccolo e a marzo a Bagni S. Agostino, di Sb in giugno a Poggio Ombriccolo, di Zn a Parco Antonelli in gennaio e febbraio. Tali andamenti sembrano più legati ad apporti terrigeni o ad eventi locali che ad attività antropiche diffuse.

Nelle figure che seguono, sono confrontati invece gli andamenti delle concentrazioni mensili di **specie ioniche** nelle deposizioni umide:









L'andamento delle deposizioni delle specie ioniche è molto simile a quello dei metalli pesanti, con una diminuzione progressiva delle deposizioni da gennaio a maggio e un rialzo a giugno, in concomitanza con le abbondanti precipitazioni del mese. Con la ripresa delle precipitazioni in settembre è avvenuto un aumento delle deposizioni, seguito in ottobre da un netto calo ai valori di deposizione di aprile - maggio. Anche nel 2009, risalta l'elevata deposizione di sali marini, NaCl in particolare, che di gran lunga rappresentano la specie in assoluto più abbondante; come si vedrà più avanti, NaCl costituisce su base annuale oltre il 40% delle specie depositate. La conferma della presenza di sali marini si ha dalla valutazione del rapporto in massa tra Na e Cl che, per l'acqua di mare è pari 0,56. Nella tabella sottostante sono riportati i valori dei rapporti Na/Cl calcolati nei campioni di deposizioni umide:

Postazione	Data Inizio	Data Fine	Na/Cl mass ratio
Borgo Aurelia	02.01.09	08.01.09	0.55
Parco Antonelli	02.01.09	08.01.09	0.54
Poggio Ombriccolo	02.01.09	08.01.09	0.51
Bagni S. Agostino	02.01.09	08.01.09	0.52
Borgo Aurelia	08.01.09	14.01.09	0.57
Parco Antonelli	08.01.09	14.01.09	0.54
Poggio Ombriccolo	08.01.09	14.01.09	0.50
Bagni S. Agostino	08.01.09	14.01.09	0.93

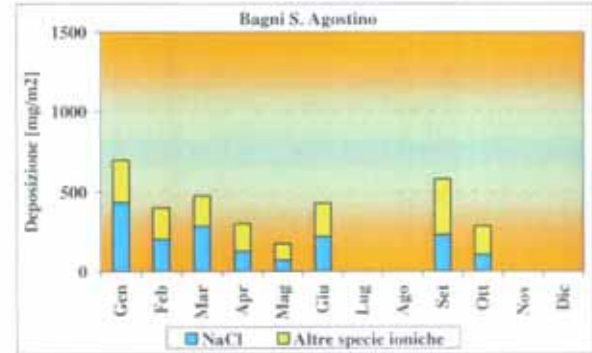
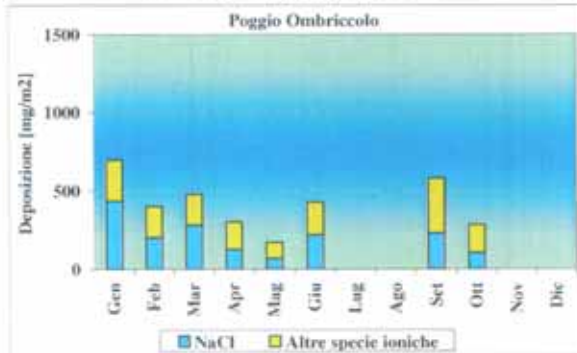
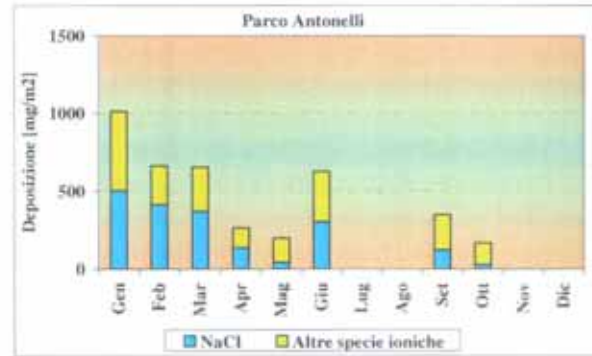
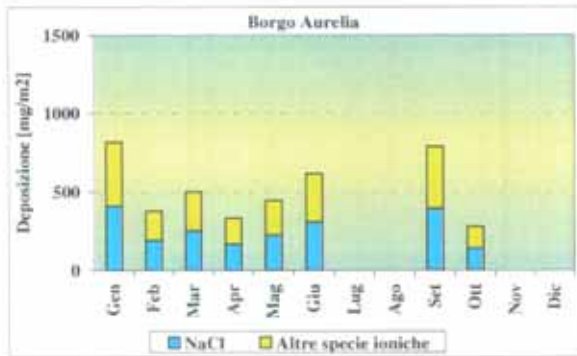
Postazione	Data Inizio	Data Fine	Na/Cl mass ratio
Borgo Aurelia	14.04.09	20.04.09	0.44
Parco Antonelli	14.04.09	20.04.09	0.55
Poggio Ombriccolo	14.04.09	20.04.09	0.57
Bagni S. Agostino	14.04.09	20.04.09	0.54
Borgo Aurelia	20.04.09	26.04.09	0.81
Parco Antonelli	-	-	-
Poggio Ombriccolo	20.04.09	26.04.09	0.69
Bagni S. Agostino	20.04.09	26.04.09	0.69

Postazione	Data Inizio	Data Fine	Na/Cl mass ratio
Borgo Aurelia	14.01.09	20.01.09	0.48
Parco Antonelli	14.01.09	20.01.09	0.52
Poggio Ombriccolo	14.01.09	20.01.09	0.50
Bagni S. Agostino	14.01.09	20.01.09	0.53
Borgo Aurelia	20.01.09	26.01.09	0.48
Parco Antonelli	20.01.09	26.01.09	0.47
Poggio Ombriccolo	20.01.09	26.01.09	0.49
Bagni S. Agostino	20.01.09	26.01.09	0.49
Borgo Aurelia	26.01.09	01.02.09	0.57
Parco Antonelli	26.01.09	01.02.09	0.55
Poggio Ombriccolo	26.01.09	01.02.09	0.56
Bagni S. Agostino	26.01.09	01.02.09	0.56
Borgo Aurelia	01.02.09	07.02.09	0.59
Parco Antonelli	01.02.09	07.02.09	0.60
Poggio Ombriccolo	01.02.09	07.02.09	0.68
Bagni S. Agostino	01.02.09	07.02.09	0.60
Borgo Aurelia	07.02.09	13.02.09	0.56
Parco Antonelli	07.02.09	13.02.09	0.56
Poggio Ombriccolo	07.02.09	13.02.09	0.56
Bagni S. Agostino	07.02.09	13.02.09	0.54
Borgo Aurelia	19.02.09	25.02.09	0.54
Parco Antonelli	19.02.09	25.02.09	0.73
Poggio Ombriccolo	19.02.09	25.02.09	0.62
Bagni S. Agostino	19.02.09	25.02.09	0.52
Borgo Aurelia	25.02.09	03.03.09	0.65
Parco Antonelli	25.02.09	03.03.09	0.60
Poggio Ombriccolo	25.02.09	03.03.09	0.65
Bagni S. Agostino	25.02.09	03.03.09	0.56
Borgo Aurelia	03.03.09	09.03.09	0.64
Parco Antonelli	03.03.09	09.03.09	0.56
Poggio Ombriccolo	03.03.09	09.03.09	0.57
Bagni S. Agostino	03.03.09	09.03.09	0.57
Borgo Aurelia	27.03.09	02.04.09	0.49
Parco Antonelli	27.03.09	02.04.09	0.60
Poggio Ombriccolo	27.03.09	02.04.09	0.63
Bagni S. Agostino	27.03.09	02.04.09	0.56

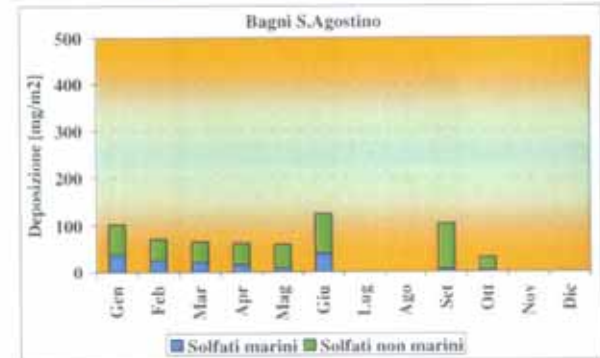
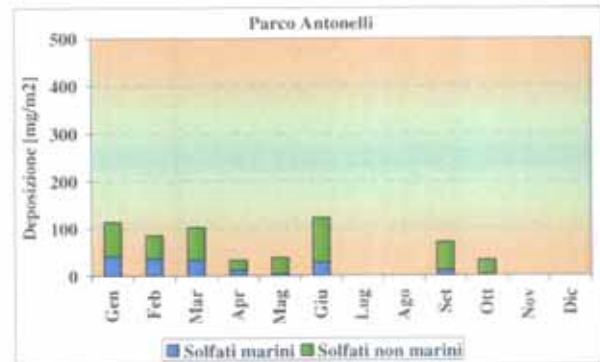
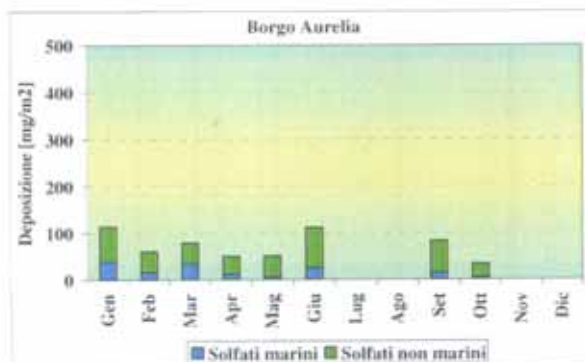
Postazione	Data Inizio	Data Fine	Na/Cl mass ratio
Borgo Aurelia	26.04.09	02.05.09	0.55
Parco Antonelli	26.04.09	02.05.09	0.60
Poggio Ombriccolo	26.04.09	02.05.09	0.62
Bagni S. Agostino	26.04.09	02.05.09	0.59
Borgo Aurelia	26.05.09	01.06.09	0.57
Parco Antonelli	26.05.09	01.06.09	0.87
Poggio Ombriccolo	26.05.09	01.06.09	0.71
Bagni S. Agostino	26.05.09	01.06.09	0.86
Borgo Aurelia	01.06.09	07.06.09	0.62
Parco Antonelli	01.06.09	07.06.09	0.63
Poggio Ombriccolo	01.06.09	07.06.09	0.62
Bagni S. Agostino	01.06.09	07.06.09	0.78
Borgo Aurelia	19.06.09	25.06.09	0.60
Parco Antonelli	19.06.09	25.06.09	0.60
Poggio Ombriccolo	19.06.09	25.06.09	0.59
Bagni S. Agostino	19.06.09	25.06.09	0.59
Borgo Aurelia	11.09.09	17.09.09	0.64
Parco Antonelli	11.09.09	17.09.09	0.63
Poggio Ombriccolo	11.09.09	17.09.09	0.63
Bagni S. Agostino	11.09.09	17.09.09	0.64
Borgo Aurelia	17.09.09	23.09.09	0.60
Parco Antonelli	17.09.09	23.09.09	0.62
Poggio Ombriccolo	17.09.09	23.09.09	0.65
Bagni S. Agostino	17.09.09	23.09.09	0.59
Borgo Aurelia	05.10.09	11.10.09	0.57
Parco Antonelli	05.10.09	11.10.09	0.61
Poggio Ombriccolo	05.10.09	11.10.09	0.60
Bagni S. Agostino	05.10.09	11.10.09	0.63
Borgo Aurelia	17.10.09	23.10.09	0.61
Parco Antonelli	17.10.09	23.10.09	0.67
Poggio Ombriccolo	17.10.09	23.10.09	0.54
Bagni S. Agostino	17.10.09	23.10.09	0.64

Nella tabella precedente sono stati evidenziati con sfondo azzurro i campioni in cui il rapporto Na/Cl rimane compreso entro \pm il 10% del rapporto nell'acqua di mare. Questi campioni possono essere considerati influenzati da masse di aria marina di origine molto recente. E' noto dalla letteratura ⁽¹¹⁾ che masse di aria marina meno recenti subiscono un progressivo impoverimento del contenuto di Cl⁻ a causa della reazione con HNO₃ che porta alla formazione di HCL, il quale si volatilizza. La conseguenza è che nelle precipitazioni umide si può avere un rapporto Na/Cl anche maggiore di 0,56. Pur adottando il criterio di identificazione più restrittivo, la presenza di cloruro di sodio nella maggior parte dei campioni è molto evidente. A riprova di ciò, negli istogrammi delle figure seguenti sono state evidenziate in azzurro le deposizioni di NaCl e in giallo quelle di tutte le altre specie ioniche.

¹¹ D. Moller (1990), Tellus B 42, 254-262



Appare molto evidente che da gennaio ad ottobre del 2009, le deposizioni di specie ioniche sono state ancora fortemente influenzate da quelle di origine marina e infatti il solo NaCl ha contato per il 26-61% delle specie ioniche totali depositate a Borgo Aurelia, per 16-62% a Parco Antonelli, per il 37-62% a Poggio Ombriccolo e 19-58% a Bagni S. Agostino. Una così elevata influenza degli apporti marini si è riflessa anche sulla quantità di solfati totali nelle deposizioni, in cui la componente marina è stata spesso una parte significativa dei solfati totali, come riportato nelle tabelle precedenti ed evidenziato in forma grafica negli istogrammi delle figure seguenti in cui le barre blu rappresentano i solfati di origine marina e le barre verdi sovrapposte i solfati antropogenici:



Sostanzialmente, i solfati marini hanno contato per il 14-44% dei solfati totali a Borgo Aurelia, per l'8 - 44% a Parco Antonelli, per il 19-39% a Poggio Ombriccolo e per 6-37% a Bagni S.Agostino. Si noti che anche la postazione più lontana dalla costa (Poggio Ombriccolo) ha subito gli apporti di solfati marini.

Chiarita l'entità dell'influenza dei sali marini, negli andamenti temporali mostrati nelle precedenti figure le uniche singolarità rimangono l'elevata deposizione di calcio a Borgo Aurelia in Settembre e di potassio sempre a Borgo Aurelia in marzo, aprile e settembre.

Nella tabella che segue sono riassunte le **deposizioni totali di metalli pesanti e specie ioniche** avvenute tra gennaio ed ottobre 2009 e dovute alle precipitazioni umide:

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
Data Inizio		01.01.2009	01.01.2009	01.01.2009	01.01.2009
Data Fine		31.10.2009	31.10.2009	31.10.2009	31.10.2009
Al	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	9122	13085	11836	12033
As	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	354	445	442	439
Be	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	37	48	33	40
Cd	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	35	44	44	44
Co	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	35	44	44	44
Cr	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	177	222	221	219
Cu	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	529	450	656	439
Hg	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	101	111	111	110
Mn	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	493	651	855	993
Ni	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	177	222	258	347
Pb	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	136	162	181	170
Pd	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	71	89	88	88
Pt	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	70	91	91	94
Rh	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	89	111	111	110
Sb	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	71	89	112	88
Se	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1062	1334	1327	1316
Sn	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	177	222	221	219
Te	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	177	222	221	219
Ti	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	763	893	630	746
Tl	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	101	111	111	110
V	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	354	445	442	439
Zn	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	6187	11039	11295	5865
SO ₄ ⁻	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	579'754	594'638	555'576	614'759
NO ₃ ⁻	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	530'797	669'908	541'574	602'968
Cl ⁻	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1'132'052	1'216'282	1'055'835	1'121'440
Ca	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	605'474	474'345	321'810	351'022
Na	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	633'486	692'758	612'874	636'998
Mg	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	123'543	108'441	95'946	91'268
K	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	153'706	53'705	58'602	46'930
NH ₄ ⁺	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	80'908	109'943	104'030	116'353
Metalli pesanti totali	[mg/m^3]	20,3	30,1	29,3	24,2
Specie ioniche totali	[mg/m^3]	3840	3920	3346	3582
<i>SO₄⁻ non marini</i>	[mg/m^3]	424	424	405	458
<i>SO₄⁻ marini</i>	[mg/m^3]	156	170	151	157
<i>NaCl</i>	[mg/m^3]	1766	1909	1669	1758

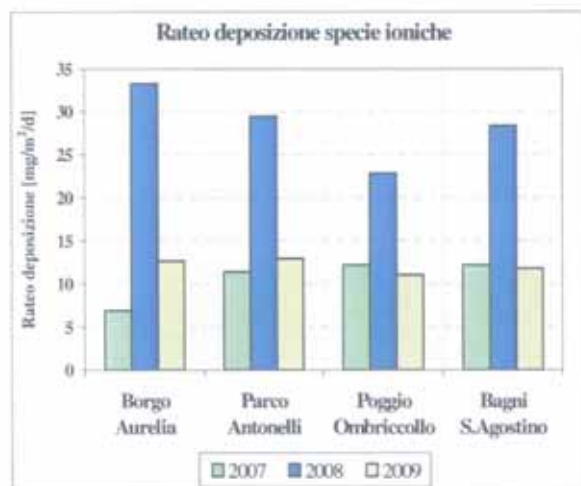
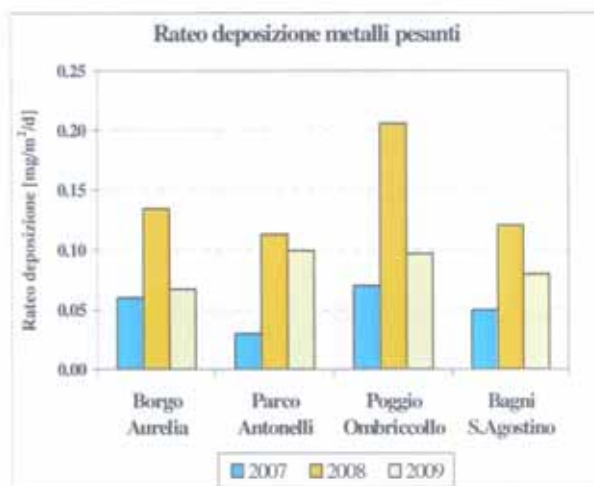
Come si può osservare, le deposizioni di metalli e specie ioniche sono state abbastanza uniformi in tutte le postazioni: 20 – 30 mg/m^3 di metalli e 3.3 – 3.9 g/m^3 di specie ioniche. Le deposizioni più abbondanti sono state dunque dovute alle specie ioniche e, tra queste, quelle attribuibili al cloruro di sodio come sale (NaCl) sono state preponderanti, in ragione di 1.7 – 1.9 g/m^3 depositati, cui si aggiungono 0.6 g/m^3 di solfati, 0,5 – 0.7 g/m^3 di nitrati e 0.3 – 0.6 g/m^3 di calcio.

Nella tabella sottostante, è riportato il rateo di deposizione giornaliero da deposizioni umide di ciascun metallo pesante e specie ionica, espresso in $\mu\text{g tot}/\text{m}^2/\text{d}$ o $\text{mg tot}/\text{m}^2/\text{d}$, calcolato per il periodo da gennaio ad ottobre:

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Al	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	30.1	43.2	39.1	39.7
As	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1.17	1.47	1.46	1.45
Be	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.12	0.16	0.11	0.13
Cd	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.12	0.15	0.15	0.14
Co	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.12	0.15	0.15	0.14
Cr	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.58	0.73	0.73	0.72
Cu	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1.75	1.49	2.16	1.45
Hg	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.33	0.37	0.36	0.36
Mn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1.63	2.15	2.82	3.28
Ni	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.58	0.73	0.85	1.15
Pb	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.45	0.53	0.60	0.56
Pd	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.23	0.29	0.29	0.29
Pt	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.23	0.30	0.30	0.31
Rh	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.29	0.37	0.36	0.36
Sb	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.23	0.29	0.37	0.29
Se	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	3.51	4.40	4.38	4.34
Sn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.58	0.73	0.73	0.72
Te	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.58	0.73	0.73	0.72
Ti	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2.52	2.95	2.08	2.46
Tl	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.33	0.37	0.36	0.36
V	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1.17	1.47	1.46	1.45
Zn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	20.4	36.4	37.3	19.4
SO ₄ ⁻ totali	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1'913	1'963	1'834	2'029
NO ₃ ⁻	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1'752	2'211	1'787	1'990
Cl ⁻	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	3'736	4'014	3'485	3'701
Ca	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1'998	1'565	1'062	1'158
Na	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2'091	2'286	2'023	2'102
Mg	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	408	358	317	301
K	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	507	177	193	155
NH ₄ ⁺	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	267	363	343	384
Metalli pesanti totali	$[\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.07	0.10	0.10	0.08
Specie ioniche totali	$[\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}]$	12.7	12.9	11.0	11.8

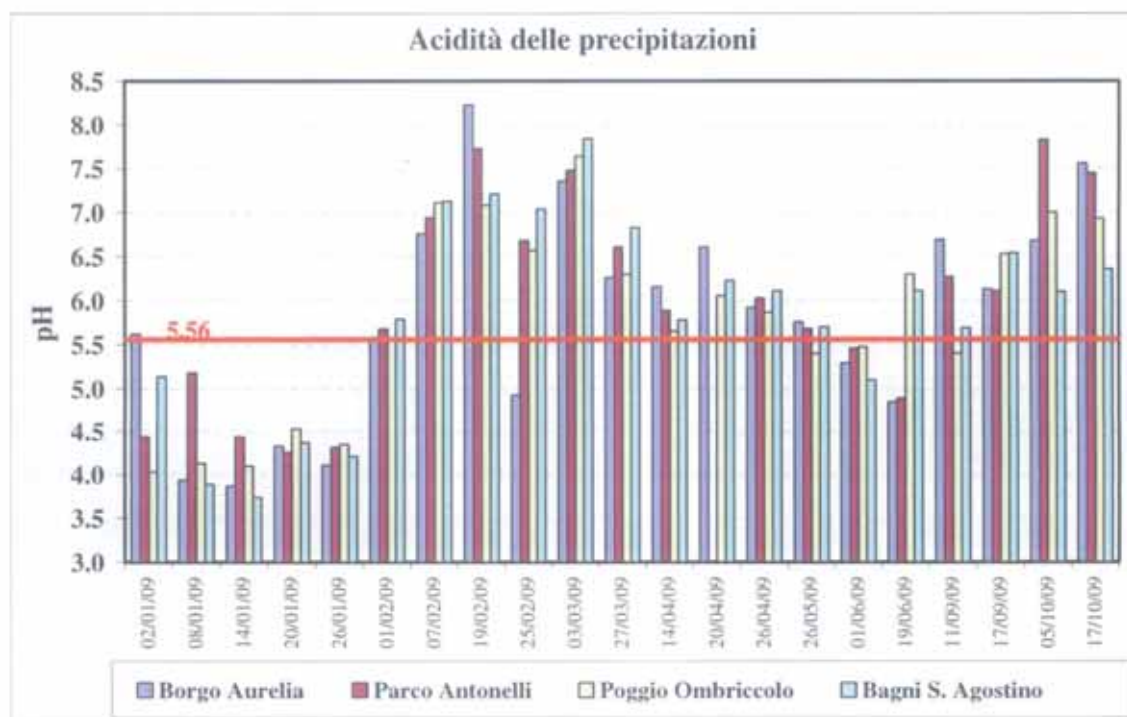
Considerando il rateo giornaliero di deposizione, si osserva una deposizione media giornaliera di 0.07 – 0.10 mg/m^2 di metalli pesanti e di 11 – 13 mg/m^2 di specie ioniche.

Nelle figure che seguono, sono stati messi a confronto i ratei di deposizione di metalli pesanti e specie ioniche del 2009 con quelli del 2007 e 2008:



In base ai dati parziali del 2009 (gennaio – ottobre), vi è stato un netto calo dei ratei di deposizione sia dei metalli, sia delle specie ioniche, per tornare a ratei paragonabili o di poco superiori a quelli del 2007, anch'essi per altro parziali (aprile-dicembre). Dati definitivi confermant questa tendenza si potranno avere, quindi, solo dopo le elaborazioni finali dei dati completi.

L'acidità delle precipitazioni del 2009 è stata significativa negli eventi del mese di gennaio, per poi tornare alla neutralità come il più delle volte riscontrato nelle precipitazioni del comprensorio di Civitavecchia, salvo appunto casi episodici. Va ricordato che il pH misurato nelle precipitazioni non può considerarsi acido fino ad un valore di circa 5.6. Questo pH corrisponde alla naturale reazione di equilibrio tra la CO₂ atmosferica e la fase acquosa aerodispersa che porta alla formazione di acido carbonico, un acido debole. Nella figura che segue sono riportati sotto forma di istogramma i valori di pH riscontrati nelle deposizioni umide del 2009:



Un ulteriore evento acido (pH inferiore a 5) è avvenuto in giugno, ma limitato a Borgo Aurelia e Parco Antonelli.

Nella tabella che segue, sono stati riportati i valori di pH riscontrati nelle deposizioni umide, evidenziando in rosso i valori inferiori a 5.5:

Data inizio evento	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
02.01.09	5.62	4.44	4.03	5.14
08.01.09	3.94	5.18	4.13	3.89
14.01.09	3.87	4.44	4.10	3.74
20.01.09	4.33	4.26	4.53	4.37
26.01.09	4.11	4.32	4.35	4.21
01.02.09	5.58	5.68	5.56	5.79
07.02.09	6.76	6.94	7.11	7.13
19.02.09	8.23	7.73	7.08	7.21
25.02.09	4.93	6.68	6.57	7.04
03.03.09	7.36	7.48	7.64	7.84
27.03.09	6.26	6.61	6.30	6.83
14.04.09	6.16	5.89	5.65	5.78
20.04.09	6.61	-	6.06	6.23
26.04.09	5.92	6.03	5.87	6.11
26.05.09	5.76	5.68	5.40	5.70
01.06.09	5.29	5.46	5.47	5.10
19.06.09	4.85	4.89	6.30	6.11
11.09.09	6.69	6.27	5.40	5.69
17.09.09	6.13	6.11	6.53	6.54
05.10.09	6.68	7.83	7.00	6.10
17.10.09	7.56	7.45	6.93	6.36

3.4.1.2 Idrocarburi aromatici policiclici (IPA) nelle deposizioni umide

Le analisi chimiche di caratterizzazione degli IPA nelle deposizioni umide hanno messo in evidenza un modestissimo contenuto di tali composti. In tutti i campioni, inoltre, sono stati rilevati solo IPA a 2 o 3 anelli, i più volatili tra quelli determinati, con frequente presenza soprattutto di derivati alchilati. Ciò non è singolare in quanto gli IPA pesanti in aria sono associati al particolato e, nelle deposizioni umide ("wet only"), mancando quest'ultimo, è raro riscontrare concentrazioni significative di IPA.

Nelle tabelle che seguono, sono riportati i valori di **deposizione totale per m²** nel periodo di indagine, calcolati utilizzando le concentrazioni riscontrate nei campioni o la metà del limite di rivelabilità (LdR), in accordo con quanto riportato nel rapporto ISTISAN 06/38 (v. par. 3.4).

I valori della postazione di **Borgo Aurelia** sono riportati di seguito:

Postazione		Borgo Aurelia					
Mese		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Naftalene	[ng/m ³]	504	196	5287	128	20	305
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	155	80	4015	40	20	109
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	118	115	8393	65	20	222
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	198	80	696	40	20	173
Acenaftilene	[ng/m ³]	103	80	20	40	20	40
Acenaftene	[ng/m ³]	80	80	20	40	20	40
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	374	80	20	40	20	40
Fluorene	[ng/m ³]	80	101	110	40	20	40
Fenantrene	[ng/m ³]	214	80	75	40	20	66
Antracene	[ng/m ³]	80	80	20	40	20	40
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	80	80	20	40	20	40
Fluorantene	[ng/m ³]	147	80	54	40	20	40
Pirene	[ng/m ³]	97	80	46	40	20	40
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	80	80	20	40	20	40
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	80	80	20	40	20	40
Crisene	[ng/m ³]	80	80	20	40	20	40
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	220	220	55	110	55	110
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	220	220	55	110	55	110
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	220	220	55	110	55	110
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	220	220	55	110	55	110
Perilene	[ng/m ³]	220	220	55	110	55	110
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	220	220	55	110	55	110
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m ³]	220	220	55	110	55	110
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m ³]	220	220	55	110	55	110
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m ³]	220	220	55	110	55	110
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m ³]	220	220	55	110	55	110
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m ³]	220	220	55	110	55	110
Dibenzo[a, l]pirene	[ng/m ³]	220	220	55	110	55	110
Totale	[ng/m ³]	5111	4092	19495	2073	980	2634

Postazione		Borgo Aurelia					
Mese		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m ³]	-	-	40	292	-	-
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	-	-	40	106	-	-
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	-	-	40	130	-	-
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	-	-	40	229	-	-
Acenaftilene	[ng/m ³]	-	-	40	80	-	-
Acenaftene	[ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	-	-	40	535	-	-
Fluorene	[ng/m ³]	-	-	40	65	-	-
Fenantrene	[ng/m ³]	-	-	40	71	-	-
Antracene	[ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
Fluorantene	[ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
Pirene	[ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
Crisene	[ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Perilene	[ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Dibenzo[a, l]pirene	[ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Totale	[ng/m ³]	-	-	1960	3148	-	-

I valori riscontrati nella postazione di **Parco Antonelli** sono mostrati nella tabella sottostante:

Postazione	Parco Antonelli					
	Mese	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio
Naftalene [ng/m ³]	490	253	1559	610	20	90
2-Metilnaftalene [ng/m ³]	225	108	1108	189	20	68
1-Metilnaftalene [ng/m ³]	144	125	2211	331	20	113
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m ³]	191	79	213	351	20	40
Acenaftilene [ng/m ³]	95	80	40	40	20	40
Acenaftene [ng/m ³]	60	60	40	40	20	40
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m ³]	598	223	95	157	20	40
Fluorene [ng/m ³]	105	60	40	79	20	40
Fenantrene [ng/m ³]	425	255	68	96	20	40
Antracene [ng/m ³]	60	60	40	40	20	40
1-Metilfenantrene [ng/m ³]	79	60	40	58	20	40
Fluorantene [ng/m ³]	311	326	40	69	20	40
Pirene [ng/m ³]	211	239	40	40	20	40
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m ³]	60	60	40	40	20	40
Benzo[a]antracene [ng/m ³]	60	60	40	40	20	40
Crisene [ng/m ³]	60	152	40	40	20	40
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m ³]	165	165	110	110	55	110
Benzo[k]fluorantene [ng/m ³]	165	165	110	110	55	110
Benzo[c]pirene [ng/m ³]	165	165	110	110	55	110
Benzo[a]pirene [ng/m ³]	165	165	110	110	55	110
Perilene [ng/m ³]	165	165	110	253	55	110
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m ³]	165	165	110	110	55	110
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m ³]	165	165	110	110	55	110
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m ³]	165	165	110	110	55	110
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m ³]	165	165	110	110	55	110
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m ³]	165	165	110	110	55	110
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m ³]	165	165	110	110	55	110
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m ³]	165	165	110	110	55	110
Totale [ng/m ³]	5154	4179	6975	3682	980	2111

Postazione	Parco Antonelli					
	Mese	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre
Naftalene [ng/m ³]	-	-	60	474	-	-
2-Metilnaftalene [ng/m ³]	-	-	87	114	-	-
1-Metilnaftalene [ng/m ³]	-	-	85	210	-	-
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m ³]	-	-	40	194	-	-
Acenaftilene [ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
Acenaftene [ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m ³]	-	-	40	99	-	-
Fluorene [ng/m ³]	-	-	40	70	-	-
Fenantrene [ng/m ³]	-	-	40	139	-	-
Antracene [ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
1-Metilfenantrene [ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
Fluorantene [ng/m ³]	-	-	40	143	-	-
Pirene [ng/m ³]	-	-	40	129	-	-
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
Benzo[a]antracene [ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
Crisene [ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Benzo[k]fluorantene [ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Benzo[c]pirene [ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Benzo[a]pirene [ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Perilene [ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m ³]	-	-	110	110	-	-
Totale [ng/m ³]	-	-	2072	3171	-	-

I valori relativi alla postazione di **Poggio Ombriccolo** sono mostrati di seguito:

Postazione		Poggio Ombriccolo					
Mese		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Naftalene	[ng/m ³]	366	594	2861	511	20	142
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	100	131	2321	176	20	120
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	100	262	4731	494	20	251
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	100	215	382	40	20	40
Acenaftilene	[ng/m ³]	100	126	40	40	20	40
Acenaftene	[ng/m ³]	100	115	40	40	20	123
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	354	129	40	40	20	97
Fluorene	[ng/m ³]	100	187	143	40	20	40
Fenantrene	[ng/m ³]	301	771	292	132	20	139
Antracene	[ng/m ³]	100	80	40	40	20	40
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	100	111	73	40	20	40
Fluorantene	[ng/m ³]	218	413	180	159	20	40
Pirene	[ng/m ³]	134	237	117	104	20	40
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	100	80	40	40	20	40
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	100	80	40	40	20	40
Crisene	[ng/m ³]	100	99	58	40	20	40
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	275	255	147	110	55	110
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	275	220	110	110	55	110
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	275	220	110	110	55	110
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	275	220	110	110	55	110
Perilene	[ng/m ³]	275	220	110	110	55	110
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	275	220	110	110	55	110
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m ³]	275	220	110	110	55	110
Benzo[g, h, i]perilene	[ng/m ³]	275	220	110	110	55	110
Dibenzo[a, e]pirene	[ng/m ³]	275	220	110	110	55	110
Dibenzo[a, h]pirene	[ng/m ³]	275	220	110	110	55	110
Dibenzo[a, i]pirene	[ng/m ³]	275	220	110	110	55	110
Dibenzo[a, l]pirene	[ng/m ³]	275	220	110	110	55	110
Totale	[ng/m ³]	5774	6306	12757	3296	980	2591

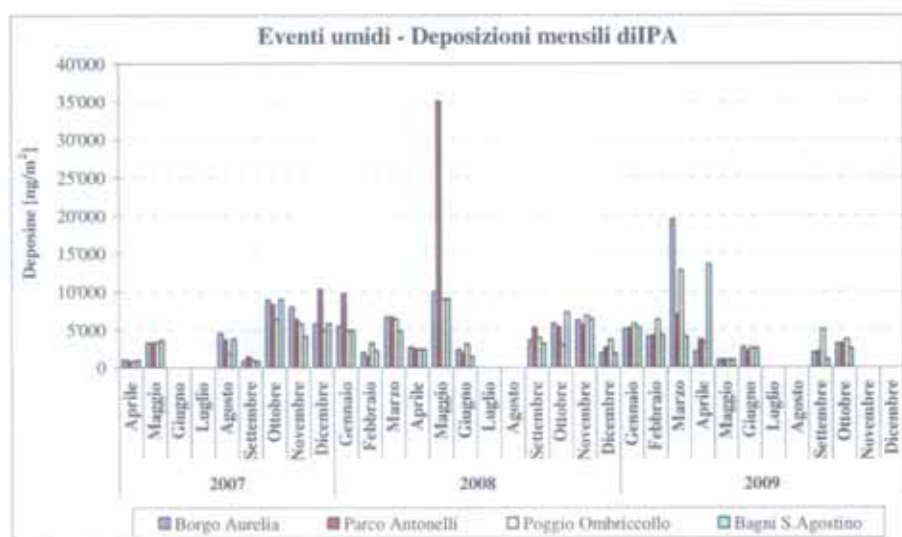
Postazione		Poggio Ombriccolo					
Mese		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m ³]	-	-	266	832	-	-
2-Metilnaftalene	[ng/m ³]	-	-	103	178	-	-
1-Metilnaftalene	[ng/m ³]	-	-	122	375	-	-
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m ³]	-	-	285	261	-	-
Acenaftilene	[ng/m ³]	-	-	60	40	-	-
Acenaftene	[ng/m ³]	-	-	60	40	-	-
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m ³]	-	-	60	96	-	-
Fluorene	[ng/m ³]	-	-	87	56	-	-
Fenantrene	[ng/m ³]	-	-	811	102	-	-
Antracene	[ng/m ³]	-	-	81	40	-	-
1-Metilfenantrene	[ng/m ³]	-	-	199	40	-	-
Fluorantene	[ng/m ³]	-	-	422	98	-	-
Pirene	[ng/m ³]	-	-	335	91	-	-
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m ³]	-	-	60	40	-	-
Benzo[a]antracene	[ng/m ³]	-	-	60	40	-	-
Crisene	[ng/m ³]	-	-	60	40	-	-
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m ³]	-	-	165	110	-	-
Benzo[k]fluorantene	[ng/m ³]	-	-	165	110	-	-
Benzo[e]pirene	[ng/m ³]	-	-	165	110	-	-
Benzo[a]pirene	[ng/m ³]	-	-	165	110	-	-
Perilene	[ng/m ³]	-	-	165	110	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m ³]	-	-	165	110	-	-
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m ³]	-	-	165	110	-	-
Benzo[g, h, i]perilene	[ng/m ³]	-	-	165	110	-	-
Dibenzo[a, e]pirene	[ng/m ³]	-	-	165	110	-	-
Dibenzo[a, h]pirene	[ng/m ³]	-	-	165	110	-	-
Dibenzo[a, i]pirene	[ng/m ³]	-	-	165	110	-	-
Dibenzo[a, l]pirene	[ng/m ³]	-	-	165	110	-	-
Totale	[ng/m ³]	-	-	5050	3689	-	-

I valori relativi alla postazione di **Bagni S. Agostino** sono riportati di seguito:

Postazione	Bagni S. Agostino					
	Mese	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio
Naftalene [ng/m ³]	406	80	315	3676	20	313
2-Metilnaftalene [ng/m ³]	101	80	171	2401	20	129
1-Metilnaftalene [ng/m ³]	111	80	210	5026	20	173
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m ³]	118	80	40	611	20	40
Acenaftilene [ng/m ³]	80	80	40	40	20	40
Acenaftene [ng/m ³]	80	80	40	40	20	40
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m ³]	337	80	40	40	20	40
Fluorene [ng/m ³]	80	80	63	40	20	40
Fenantrene [ng/m ³]	423	188	318	40	20	64
Antracene [ng/m ³]	80	80	40	40	20	40
1-Metilfenantrene [ng/m ³]	80	123	147	40	20	40
Fluorantene [ng/m ³]	309	213	478	40	20	66
Pirene [ng/m ³]	181	163	394	40	20	60
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m ³]	80	80	40	40	20	40
Benzo[a]antracene [ng/m ³]	80	80	60	40	20	40
Crisene [ng/m ³]	80	138	197	40	20	40
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m ³]	220	220	230	110	55	110
Benzo[k]fluorantene [ng/m ³]	220	220	110	110	55	110
Benzo[c]pirene [ng/m ³]	220	220	110	110	55	110
Benzo[a]pirene [ng/m ³]	220	220	110	110	55	110
Perilene [ng/m ³]	220	220	110	110	55	110
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m ³]	220	220	110	110	55	110
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m ³]	220	220	110	110	55	110
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m ³]	220	220	110	110	55	110
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m ³]	220	220	110	110	55	110
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m ³]	220	220	110	110	55	110
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m ³]	220	220	110	110	55	110
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m ³]	220	220	110	110	55	110
Totale [ng/m ³]	5266	4345	4031	13514	980	2523

Postazione	Bagni S. Agostino					
	Mese	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre
Naftalene [ng/m ³]	-	-	20	329	-	-
2-Metilnaftalene [ng/m ³]	-	-	20	40	-	-
1-Metilnaftalene [ng/m ³]	-	-	20	109	-	-
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m ³]	-	-	20	105	-	-
Acenaftilene [ng/m ³]	-	-	20	40	-	-
Acenaftene [ng/m ³]	-	-	20	40	-	-
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m ³]	-	-	20	119	-	-
Fluorene [ng/m ³]	-	-	20	40	-	-
Fenantrene [ng/m ³]	-	-	56	69	-	-
Antracene [ng/m ³]	-	-	20	40	-	-
1-Metilfenantrene [ng/m ³]	-	-	20	40	-	-
Fluorantene [ng/m ³]	-	-	40	40	-	-
Pirene [ng/m ³]	-	-	20	40	-	-
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m ³]	-	-	20	40	-	-
Benzo[a]antracene [ng/m ³]	-	-	20	40	-	-
Crisene [ng/m ³]	-	-	20	40	-	-
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m ³]	-	-	55	110	-	-
Benzo[k]fluorantene [ng/m ³]	-	-	55	110	-	-
Benzo[c]pirene [ng/m ³]	-	-	55	110	-	-
Benzo[a]pirene [ng/m ³]	-	-	55	110	-	-
Perilene [ng/m ³]	-	-	55	110	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m ³]	-	-	55	110	-	-
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m ³]	-	-	55	110	-	-
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m ³]	-	-	55	110	-	-
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m ³]	-	-	55	110	-	-
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m ³]	-	-	55	110	-	-
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m ³]	-	-	55	110	-	-
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m ³]	-	-	55	110	-	-
Totale [ng/m ³]	-	-	1037	2491	-	-

Nella figura che segue sono stati riportati gli andamenti delle deposizioni mensili di IPA nelle quattro postazioni:



Dalla figura precedente, si nota una più elevata deposizione di IPA totali a Marzo, limitatamente a Borgo Aurelia e Poggio Ombriccolo. Nel resto dell'anno le deposizioni sono state piuttosto omogenee in buona parte delle postazioni, a parte un caso di elevata deposizione di IPA in aprile a Bagni S. Agostino. Nella tabella che segue sono riassunte le deposizioni complessive di IPA avvenute tra gennaio ed ottobre 2009, espresse in ng/m^2 :

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Naftalene	[ng/m^2]	6773	3556	5592	5159
2-Metilnaftalene	[ng/m^2]	4564	1919	3149	2962
1-Metilnaftalene	[ng/m^2]	9102	3238	6356	5749
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m^2]	1477	1128	1343	1034
Acenaftilene	[ng/m^2]	423	395	466	360
Acenaftene	[ng/m^2]	360	340	538	360
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m^2]	1150	1271	836	696
Fluorene	[ng/m^2]	496	453	673	383
Fenantrene	[ng/m^2]	606	1083	2568	1177
Antracene	[ng/m^2]	360	340	441	360
1-Metilfenantrene	[ng/m^2]	360	377	624	510
Fluorantene	[ng/m^2]	461	989	1550	1206
Pirene	[ng/m^2]	403	759	1078	918
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m^2]	360	340	420	360
Benzo[a]antracene	[ng/m^2]	360	340	420	380
Crisene	[ng/m^2]	360	432	457	574
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m^2]	990	935	1228	1110
Benzo[k]fluorantene	[ng/m^2]	990	935	1155	990
Benzo[e]pirene	[ng/m^2]	990	935	1155	990
Benzo[a]pirene	[ng/m^2]	990	935	1155	990
Perilene	[ng/m^2]	990	1078	1155	990
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m^2]	990	935	1155	990
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m^2]	990	935	1155	990
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m^2]	990	935	1155	990
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m^2]	990	935	1155	990
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m^2]	990	935	1155	990
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m^2]	990	935	1155	990
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m^2]	990	935	1155	990
Totale	[ng/m^2]	39494	28324	40444	34187

Dalla tabella precedente, si può notare che le maggiori deposizioni di IPA totali si sono avute a Borgo Aurelia e Poggio Ombriccolo (circa $40 \mu\text{g}/\text{m}^2$ per entrambe), le minori a Parco Antonelli ($28 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Nella tabella che segue, sono confrontate le deposizioni di IPA del 2009, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^2$, con quelle degli anni precedenti:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
2007	32	34	24	28
2008	47	76	46	44
2009	39	28	40	34

Le deposizioni annuali di IPA del 2009, pur calcolate su un periodo di tempo parziale, indicano al momento una tendenza verso i valori del 2007, salvo che a Parco Antonelli, dove si profila un forte calo. Se così fosse, allora sarebbe il dato di deposizione del 2009 di Parco Antonelli a rappresentare una singolarità.

Nella tabella sottostante, sono stati infine riportati i ratei di deposizione giornaliera, espressi in $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$, calcolati dai precedenti dati di deposizione complessiva:

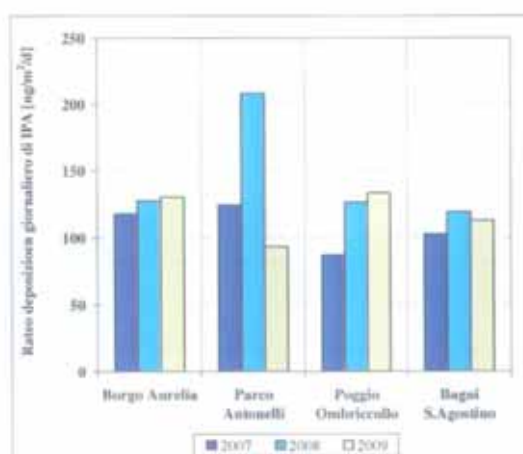
Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Naftalene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	22.4	11.7	18.5	17.0
2-Metilnaftalene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	15.1	6.3	10.4	9.8
1-Metilnaftalene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	30.0	10.7	21.0	19.0
2,6-Dimetilnaftalene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	4.9	3.7	4.4	3.4
Acenaftilene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.4	1.3	1.5	1.2
Acenaftene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.2	1.1	1.8	1.2
2,3,5-Trimetilnaftalene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.8	4.2	2.8	2.3
Fluorene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.6	1.5	2.2	1.3
Fenantrene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	2.0	3.6	8.5	3.9
Antracene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.2	1.1	1.5	1.2
1-Metilfenantrene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.2	1.2	2.1	1.7
Fluorantene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.5	3.3	5.1	4.0
Pirene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.3	2.5	3.6	3.0
Ciclopenta[c,d]pirene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.2	1.1	1.4	1.2
Benzo[a]antracene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.2	1.1	1.4	1.3
Crisene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.2	1.4	1.5	1.9
Benzo[b+j]fluorantene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.1	4.1	3.7
Benzo[k]fluorantene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.1	3.8	3.3
Benzo[e]pirene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.1	3.8	3.3
Benzo[a]pirene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.1	3.8	3.3
Perilene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.6	3.8	3.3
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.1	3.8	3.3
Dibenzo[a, h]antracene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.1	3.8	3.3
Benzo[g,h,i]perilene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.1	3.8	3.3
Dibenzo[a,e]pirene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.1	3.8	3.3
Dibenzo[a,h]pirene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.1	3.8	3.3
Dibenzo[a,i]pirene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.1	3.8	3.3
Dibenzo[a,l]pirene	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.1	3.8	3.3
Totale	[$\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$]	130	93	133	113

La deposizione giornaliera per il 2009 per unità di superficie da eventi umidi risulta essere quindi di circa $130 \text{ ng}/\text{m}^2/\text{d}$ nelle postazioni di Borgo Aurelia e Poggio Ombriccolo, di circa $110 \text{ ng}/\text{m}^2/\text{d}$ a Bagni S. Agostino e di circa $90 \text{ ng}/\text{m}^2/\text{d}$ a Parco Antonelli.

Nel prospetto seguente, i ratei di deposizione del 2009 sono confrontati con quelli degli anni precedenti. I ratei consentono meglio di confrontare le deposizioni in periodi di tempo di differente lunghezza, come è il caso presente. I valori sono tutti espressi in $\text{ng/m}^2/\text{d}$:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccollo	Bagni S.Agostino
2007	118	124	87	103
2008	128	208	127	119
2009	130	93	133	113

I valori della tabella precedente indicano un calo del rateo di deposizione degli IPA a Parco Antonelli e una sostanziale uniformità dei ratei annuali di deposizione tra 2008 e 2009 per le altre postazioni. I valori della tabella precedente sono mostrati in forma grafica nella figura che segue:



3.4.1.3 Composizione delle deposizioni umide

Nella tabella sottostante sono state riportate le distribuzioni % delle specie determinate nelle deposizioni umide nel corso dei primi dieci mesi di monitoraggio del 2009. Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici non sono stati conteggiati in quanto sono quantitativamente trascurabili rispetto alle altre specie determinate (metalli e specie ioniche). Per quanto riguarda i solfati, è stata distinta la componente di origine marina da quella antropogenica (solfati non marini; per le modalità di calcolo v. par. 3.4.1.1):

Postazione	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccollo	Bagni S.Agostino
Data Inizio	01.01.2009	01.01.2009	01.01.2009	01.01.2009
Data Fine	31.10.2009	31.10.2009	31.10.2009	31.10.2009
Metalli pesanti [%]	0.5	0.8	0.9	0.7
SO ₄ ²⁻ non marini [%]	11.0	10.7	12.0	12.7
SO ₄ ²⁻ marini [%]	4.0	4.3	4.5	4.3
NaCl [%]	45.7	48.3	49.4	48.8
NO ₃ ⁻ [%]	13.8	17.0	16.0	16.7
Ca [%]	15.7	12.0	9.5	9.7
Mg [%]	3.2	2.7	2.8	2.5
K [%]	4.0	1.4	1.7	1.3
NH ₄ ⁺ [%]	2.1	2.8	3.1	3.2

Nel complesso, la deposizione di metalli pesanti è stata meno del 1% delle deposizioni di specie inorganiche dovute ad eventi umidi mentre il cloruro di sodio ha contato per il 46-49% a seconda delle postazioni. I solfati antropogenici costituiscono l'11 - 13% delle specie depositate e i nitrati il 14 - 17%. Da notare che a Borgo Aurelia, il calcio è pari al 16% delle specie depositate per via umida a fronte del 10 - 12% delle altre postazioni.

3.4.2 Deposizioni atmosferiche secche

Nel corso del 2009, si sono raccolte, per ciascuna postazione, dodici deposizioni secche mensili di cui sono disponibili i dati delle prime nove, ovvero da **gennaio** a **settembre**. Come è noto, le deposizioni atmosferiche secche sono rappresentative del particolato atmosferico sedimentabile e degli aerosol che si possono depositare per impatto nel campionatore. Relativamente alla componente inorganica della deposizioni secche, essa è costituita da sali solubili in acqua (fase solida lisciviabile) e particolato insolubile in acqua, composto per lo più da minerali terrigeni risollepati da agenti fisici. Per caratterizzare le deposizioni secche inorganiche si è pertanto fatto ricorso ad una lisciviazione con acqua per portare in soluzione i sali solubili e nelle soluzioni ottenute si sono determinati metalli pesanti e specie ioniche (v. par. 2.2), allo stesso modo di quanto eseguito sulle deposizioni umide. Il particolato insolubile in acqua è stato filtrato e sottoposto a procedure di attacco chimico per caratterizzare i metalli pesanti. Nella tabella che segue, è riportata la quantità di particolato insolubile in acqua depositato mensilmente in ciascuna postazione. I valori sono espressi in mg/m^2 .

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
Gen	105	433	80	56
Feb	533	1401	701	353
Mar	639	2172	444	536
Apr	5132	280	821	638
Mag	253	589	197	1248
Giu	218	361	226	238
Lug	361	254	182	186
Ago	186	665	230	177
Set	603	457	501	214
Ott	-	-	-	-
Nov	-	-	-	-
Dic	-	-	-	-

Relativamente alla componente organica delle deposizioni secche, la caratterizzazione si è limitata alla determinazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA). La fase solida, raccolta con un campionatore in vetro dedicato, è stata estratta con solventi e gli IPA determinati in gascromatografia interfacciata ad uno spettrometro di massa.

Gli analiti di interesse sono quindi gli stessi ricercati nel particolato aerodisperso e nelle deposizioni umide.

3.4.2.1 Metalli e specie ioniche nelle deposizioni secche

Nelle tabelle che seguono sono mostrate le entità delle deposizioni secche di metalli e specie ioniche, espresse in μg depositati per m^2 , avvenute mensilmente nelle quattro postazioni. Ogni parametro rappresenta gli apporti totali dovuti alle deposizioni di sali solubili in acqua e a quelli dovuti al particolato insolubile in acqua. I calcoli per i parametri risultati inferiori al limite di rivelabilità analitico sono stati eseguiti in accordo con quanto riportato nel rapporto ISTISAN 06/38 (v. par. 3.4), utilizzando la metà del limite di rivelabilità.

Le deposizioni secche mensili avvenute nella postazione di **Borgo Aurelia** sono riportate di seguito:

Postazione	Borgo Aurelia											
Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	5'358	23'622	14'675	47'609	54'212	10'520	22'550	10'651	25'877	-	-	-
As [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	4	4	4	4	5	4	4	5	4	-	-	-
Be [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	0.5	0.8	1.1	1.8	3.7	0.5	1.3	0.9	1.3	-	-	-
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	1	1	2	4	2	1	1	12	6	-	-	-
Co [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	2	7	5	8	12	3	6	3	6	-	-	-
Cr [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	78	83	29	112	160	181	1'024	174	2'826	-	-	-
Cu [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	80	153	159	124	155	76	108	177	136	-	-	-
Hg [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	0.04	0.20	0.15	0.20	0.48	0.04	0.17	0.04	0.21	-	-	-
Mn [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	125	341	258	406	813	359	421	381	2'917	-	-	-
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	17	48	126	39	53	17	35	50	24	-	-	-
Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	33	43	64	65	78	22	35	34	46	-	-	-
Pd [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	2	2	6	13	6	2	2	4	2	-	-	-
Pt [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	1	1	1	1	2	4	4	2	1	-	-	-
Rh [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	2	2	2	2	4	2	2	4	2	-	-	-
Sb [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	4	6	4	5	8	2	4	4	5	-	-	-
Se [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	13	13	13	13	17	13	13	17	13	-	-	-
Sn [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	13.1	238.8	21.7	17.2	26.3	3.0	6.4	8.2	6.4	-	-	-
Te [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	3	3	3	3	4	3	3	4	3	-	-	-
Ti [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	331	1'582	681	2'321	2'838	668	1'376	594	1'998	-	-	-
Tl [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	2.7	2.7	2.7	2.7	4.5	2.7	2.7	4.5	2.7	-	-	-
V [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	19	52	19	80	101	19	61	23	56	-	-	-
Zn [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	527	911	2'233	958	1'421	1'009	672	949	602	-	-	-
Ca [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	24'220	48'935	109'333	86'140	100'165	49'501	63'656	265'696	71'770	-	-	-
Na [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	51'062	39'094	55'732	54'216	20'727	19'563	33'306	52'807	42'042	-	-	-
Mg [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	7'691	11'642	40'821	19'728	15'527	5'405	9'215	47'935	43'307	-	-	-
K [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	9'728	11'541	27'036	74'022	38'178	8'274	17'703	102'442	30'913	-	-	-
NH ₄ ⁺ [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	189	193	1'015	6'104	31'658	189	2'567	63'649	189	-	-	-
SO ₄ ⁻⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	23'857	30'770	45'783	42'291	32'991	20'290	23'895	57'635	14'799	-	-	-
NO ₃ ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	19'313	14'270	107'621	193	20'070	49'289	45'904	89'929	17'010	-	-	-
Cl ⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	90'505	65'724	98'306	99'086	30'582	29'416	47'676	42'443	20'631	-	-	-
PO ₄ ⁻⁻⁻ [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	189	193	193	193	14'390	189	2'098	189	189	-	-	-
Totale [mg/m^2]	233	249	504	434	364	195	272	736	275	-	-	-

Le deposizioni secche mensili avvenute nella postazione di **Parco Antonelli** sono mostrate di seguito:

Postazione	Parco Antonelli											
Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al [µg/m ²]	22'983	58'195	53'300	89'274	29'404	24'902	16'436	32'121	3'660	-	-	-
As [µg/m ²]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-	-	-
Be [µg/m ²]	0.5	3.4	3.9	5.2	1.4	1.5	1.2	2.3	1.8	-	-	-
Cd [µg/m ²]	1	1	6	3	1	1	1	4	1	-	-	-
Co [µg/m ²]	9	16	13	21	7	7	5	9	6	-	-	-
Cr [µg/m ²]	310	271	224	296	170	145	490	503	219	-	-	-
Cu [µg/m ²]	129	229	255	263	134	178	185	187	163	-	-	-
Hg [µg/m ²]	0.51	0.50	0.48	0.64	0.27	0.04	0.04	0.35	0.14	-	-	-
Mn [µg/m ²]	449	920	820	1'090	458	590	491	479	389	-	-	-
Ni [µg/m ²]	166	56	70	53	23	27	27	51	32	-	-	-
Pb [µg/m ²]	103	114	131	125	54	63	49	92	72	-	-	-
Pd [µg/m ²]	4	6	6	14	4	2	2	2	2	-	-	-
Pt [µg/m ²]	1	1	1	1	1	4	4	1	1	-	-	-
Rh [µg/m ²]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-	-	-
Sb [µg/m ²]	10	19	18	18	11	10	15	19	16	-	-	-
Se [µg/m ²]	13	13	13	13	13	13	13	13	13	-	-	-
Sn [µg/m ²]	17.4	29.5	29.0	37.7	14.8	14.9	20.1	24.6	20.3	-	-	-
Te [µg/m ²]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	-
Ti [µg/m ²]	1'596	4'142	3'727	5'053	1'783	1'494	1'235	915	1'292	-	-	-
Tl [µg/m ²]	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	-	-	-
V [µg/m ²]	52	130	159	179	74	90	82	124	87	-	-	-
Zn [µg/m ²]	342	764	1'131	640	224	4'032	241	690	745	-	-	-
Ca [µg/m ²]	109'398	123'178	95'814	210'930	93'374	111'643	92'088	112'119	102'077	-	-	-
Na [µg/m ²]	66'034	79'735	60'791	49'758	11'654	35'835	24'066	56'502	61'863	-	-	-
Mg [µg/m ²]	11'990	28'191	20'887	30'784	9'266	10'382	6'742	62'177	28'558	-	-	-
K [µg/m ²]	14'245	31'652	42'576	84'657	21'365	12'339	9'919	14'090	12'178	-	-	-
NH4+ [µg/m ²]	7'195	193	4'559	2'007	18'305	189	189	189	189	-	-	-
SO4-- [µg/m ²]	50'365	92'598	33'475	64'118	23'539	48'282	26'038	21'441	29'022	-	-	-
NO3- [µg/m ²]	28'401	18'196	21'373	13'231	22'668	59'317	35'127	31'741	31'446	-	-	-
Cl- [µg/m ²]	120'799	127'730	97'079	72'692	14'950	52'357	30'242	16'753	41'375	-	-	-
PO4--- [µg/m ²]	189	193	193	193	189	189	189	189	189	-	-	-
Totale [mg/m²]	435	567	437	625	248	362	244	350	314	-	-	-

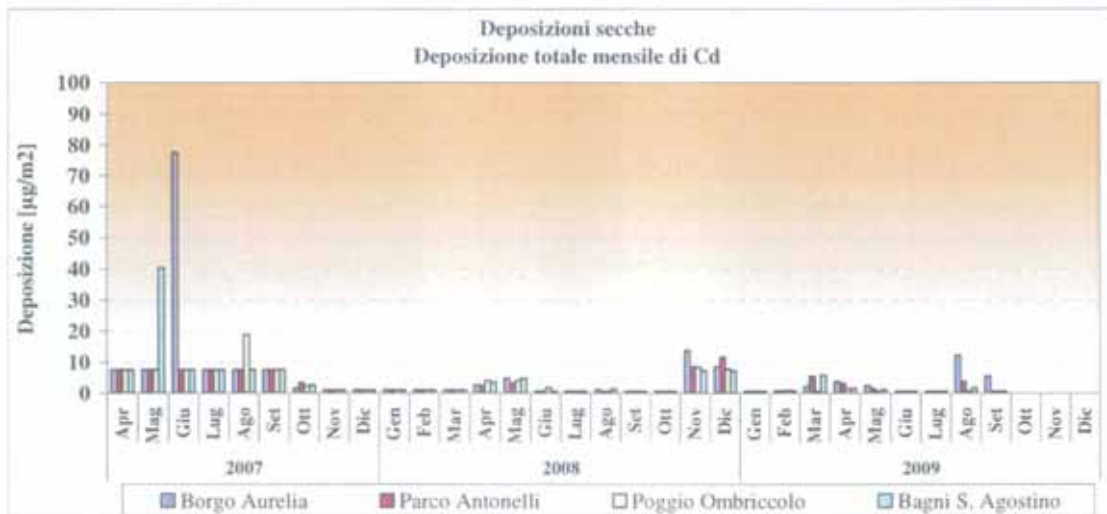
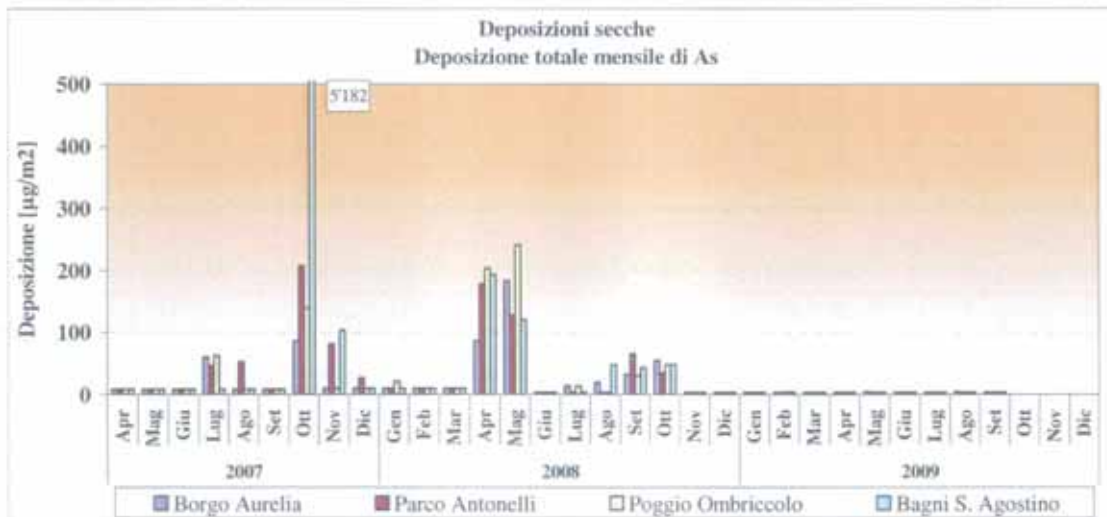
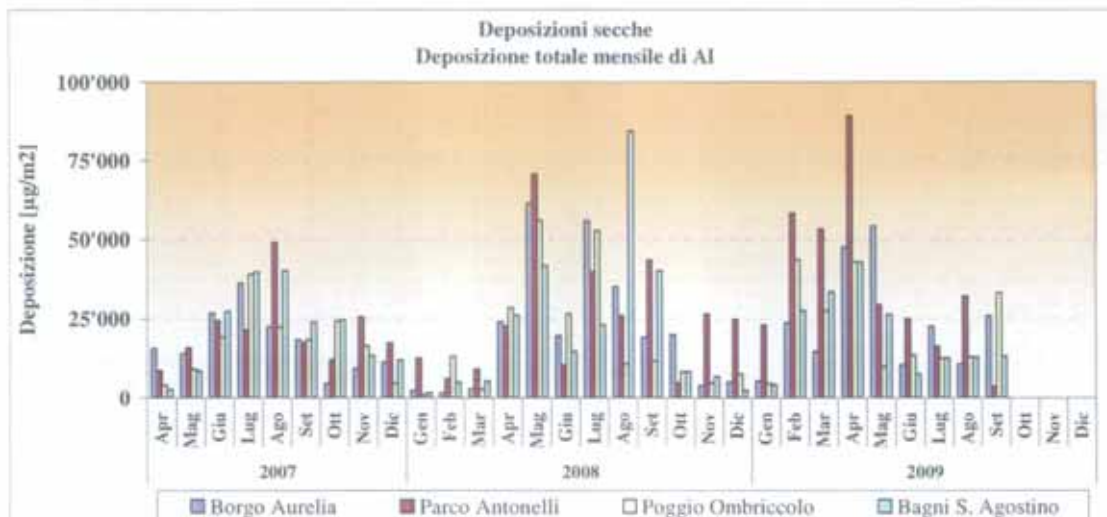
Le deposizioni secche mensili avvenute nella postazione di **Poggio Ombriccolo** sono riportate nella tabella sottostante:

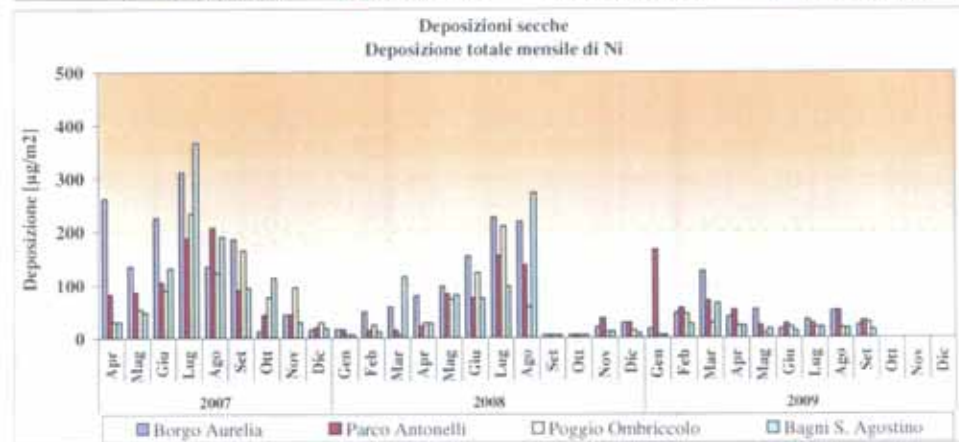
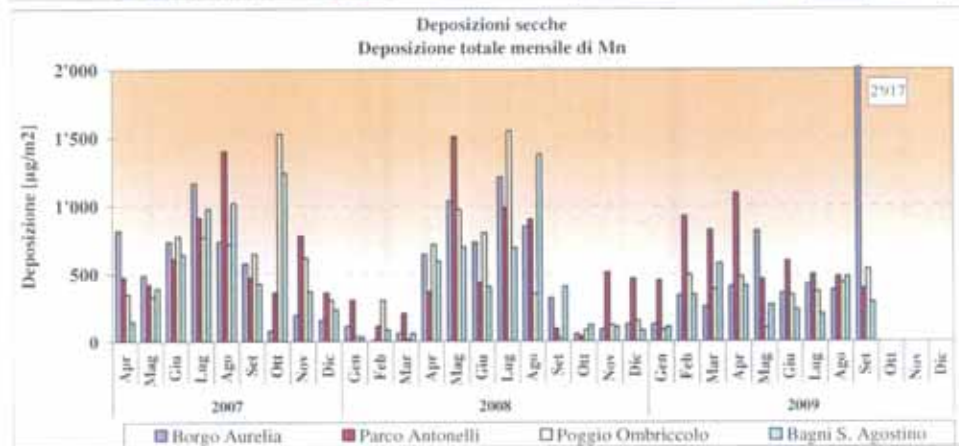
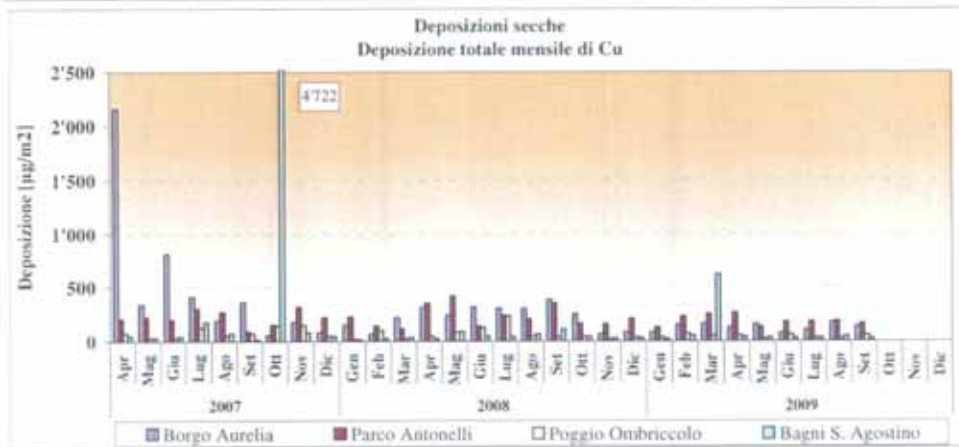
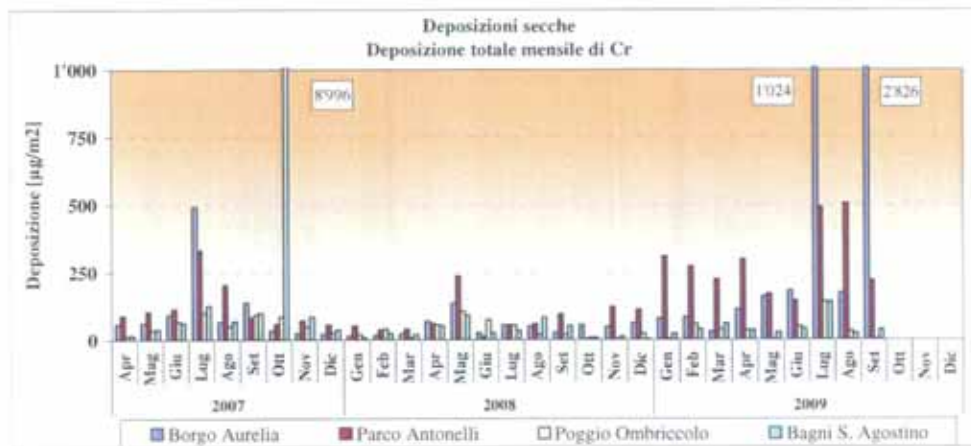
Postazione	Poggio Ombriccolo											
	Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov
Al [µg/m ²]	4'509	43'654	27'399	42'959	9'865	13'540	12'661	12'986	33'049	-	-	-
As [µg/m ²]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-	-	-
Be [µg/m ²]	0.5	1.3	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	-	-	-
Cd [µg/m ²]	1	1	1	2	1	1	1	1	1	-	-	-
Co [µg/m ²]	1	12	7	8	2	4	4	3	6	-	-	-
Cr [µg/m ²]	2	58	39	34	2	49	140	32	2	-	-	-
Cu [µg/m ²]	35	72	49	55	22	61	31	24	57	-	-	-
Hg [µg/m ²]	0.04	0.35	0.17	0.30	0.14	0.12	0.04	0.14	0.33	-	-	-
Mn [µg/m ²]	84	489	383	476	98	344	368	430	534	-	-	-
Ni [µg/m ²]	5	45	27	23	8	21	20	19	29	-	-	-
Pb [µg/m ²]	6	39	35	53	10	28	26	19	40	-	-	-
Pd [µg/m ²]	2	3	2	5	2	2	2	2	2	-	-	-
Pt [µg/m ²]	1	2	1	1	1	4	4	1	1	-	-	-
Rh [µg/m ²]	2	3	2	2	2	2	2	2	2	-	-	-
Sb [µg/m ²]	2	5	4	7	2	7	2	4	5	-	-	-
Se [µg/m ²]	13	15	13	13	13	13	13	13	13	-	-	-
Sn [µg/m ²]	3.0	7.9	64.6	38.9	3.0	43.3	3.0	476.4	3.0	-	-	-
Te [µg/m ²]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	-
Ti [µg/m ²]	285	2'847	1'976	2'243	539	919	745	865	46	-	-	-
Tl [µg/m ²]	2.7	3.9	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	-	-	-
V [µg/m ²]	19	78	51	62	19	19	19	19	56	-	-	-
Zn [µg/m ²]	566	933	557	379	11	947	451	502	1'106	-	-	-
Ca [µg/m ²]	656	98'019	35'793	83'631	16'614	39'648	32'294	38'175	35'946	-	-	-
Na [µg/m ²]	801	100'352	73'742	35'131	2'762	44'892	23'196	18'773	52'496	-	-	-
Mg [µg/m ²]	892	25'714	15'497	18'679	2'679	8'623	4'403	17'948	39'706	-	-	-
K [µg/m ²]	858	17'708	11'498	16'858	4'840	8'331	10'177	14'004	13'191	-	-	-
NH4+ [µg/m ²]	189	10'397	3'135	818	4'734	189	795	2'083	1'659	-	-	-
SO4-- [µg/m ²]	379	107'025	41'746	52'463	4'370	38'141	17'631	18'010	35'081	-	-	-
NO3- [µg/m ²]	189	63'697	45'313	82'386	5'968	61'399	42'791	34'998	39'792	-	-	-
Cl- [µg/m ²]	189	167'468	124'700	57'514	4'340	64'232	26'447	17'419	49'426	-	-	-
PO4--- [µg/m ²]	189	193	193	193	189	598	2'265	189	189	-	-	-
Totale [mg/m²]	10	639	382	394	57	282	174	177	302	-	-	-

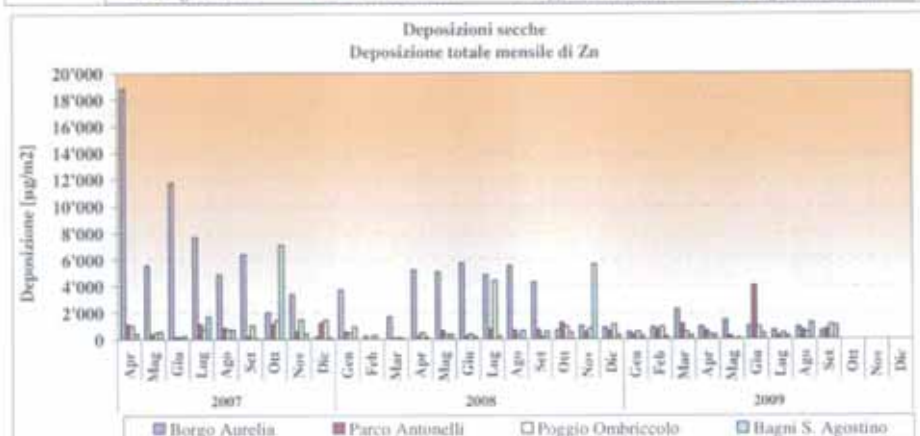
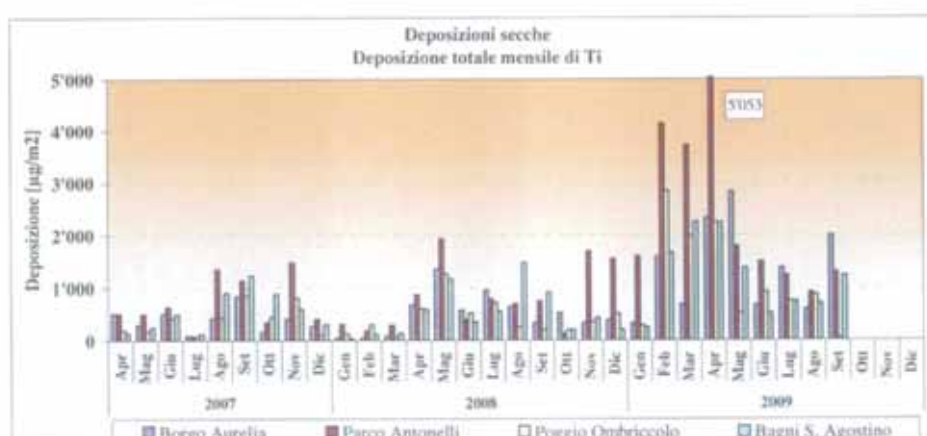
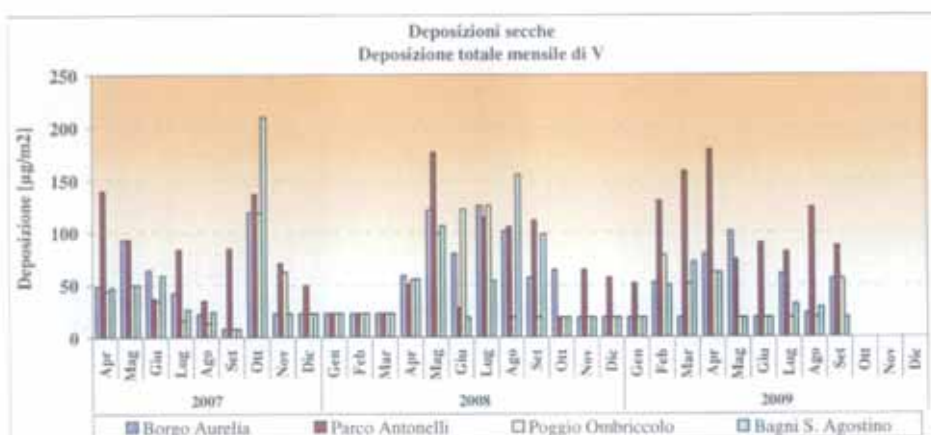
Le deposizioni secche mensili occorse nella postazione di **Bagni S. Agostino** sono mostrate nella tabella che segue:

Postazione	Bagni S. Agostino											
Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al [µg/m ²]	4'201	27'554	33'533	42'959	26'416	7'673	12'661	12'913	13'140	-	-	-
As [µg/m ²]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-	-	-
Be [µg/m ²]	1	1	2	1	1	1	1	1	1	-	-	-
Cd [µg/m ²]	1	1	6	2	1	1	1	2	1	-	-	-
Co [µg/m ²]	1	7	9	8	5	2	4	3	3	-	-	-
Cr [µg/m ²]	21	38	60	34	26	39	140	22	36	-	-	-
Cu [µg/m ²]	18	50	622	41	33	26	31	45	26	-	-	-
Hg [µg/m ²]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Mn [µg/m ²]	104	345	576	410	269	233	202	475	288	-	-	-
Ni [µg/m ²]	5	26	65	23	17	13	20	18	15	-	-	-
Pb [µg/m ²]	11	26	48	53	24	17	23	24	21	-	-	-
Pd [µg/m ²]	2	2	3	2	2	2	2	2	2	-	-	-
Pt [µg/m ²]	1	1	1	1	1	4	4	1	1	-	-	-
Rh [µg/m ²]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-	-	-
Sb [µg/m ²]	2	5	4	7	2	2	2	2	2	-	-	-
Se [µg/m ²]	13	13	13	13	13	13	13	13	13	-	-	-
Sn [µg/m ²]	3	3	6	39	3	3	3	3	3	-	-	-
Te [µg/m ²]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	-
Ti [µg/m ²]	244	1'671	2'257	2'243	1'380	513	745	702	1'229	-	-	-
Tl [µg/m ²]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	-
V [µg/m ²]	19	50	72	62	19	19	32	29	19	-	-	-
Zn [µg/m ²]	221	197	303	307	98	427	281	1'237	1'010	-	-	-
Ca [µg/m ²]	24'848	67'363	67'466	68'105	73'559	50'357	63'316	50'691	41'607	-	-	-
Na [µg/m ²]	69'710	69'165	107'799	33'397	13'871	42'179	42'395	28'195	33'468	-	-	-
Mg [µg/m ²]	9'342	15'164	20'637	14'802	8'836	8'014	10'795	22'019	23'184	-	-	-
K [µg/m ²]	3'604	9'916	17'434	34'148	16'954	14'909	27'013	12'092	11'451	-	-	-
NH4+ [µg/m ²]	909	193	193	924	5'264	2'136	189	189	1'462	-	-	-
SO4-- [µg/m ²]	29'158	55'675	50'153	34'127	27'477	33'301	57'037	21'888	22'077	-	-	-
NO3- [µg/m ²]	26'129	34'717	38'179	26'000	39'004	46'835	43'321	33'188	28'848	-	-	-
Cl- [µg/m ²]	128'373	118'828	196'430	60'536	19'419	69'783	57'423	23'365	36'997	-	-	-
PO4--- [µg/m ²]	189	193	193	193	189	1'575	189	189	189	-	-	-
Totale [mg/m²]	297	401	536	318	233	278	316	207	215	-	-	-

Nelle figure che seguono, sono mostrati gli andamenti caratteristici per alcuni metalli pesanti. I valori riportati sono la somma delle quantità riscontrate nella frazione lisciviabile con acqua e nella frazione insolubile, tutte espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^2$. Per confronto, sono stati riportati anche i valori riscontrati nelle deposizioni secche caratterizzate nel 2007 e nel 2008:





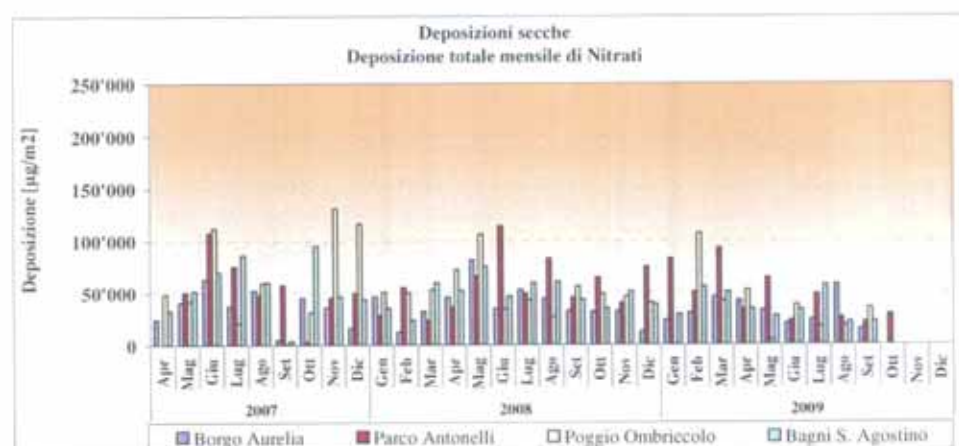
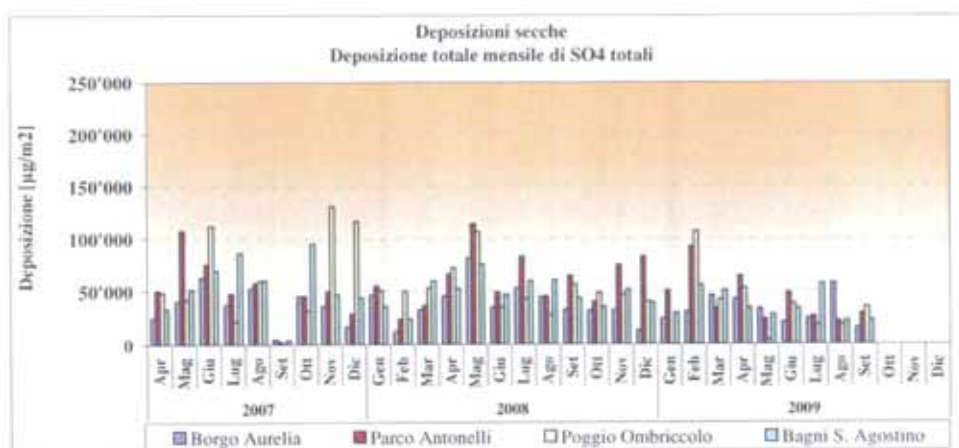


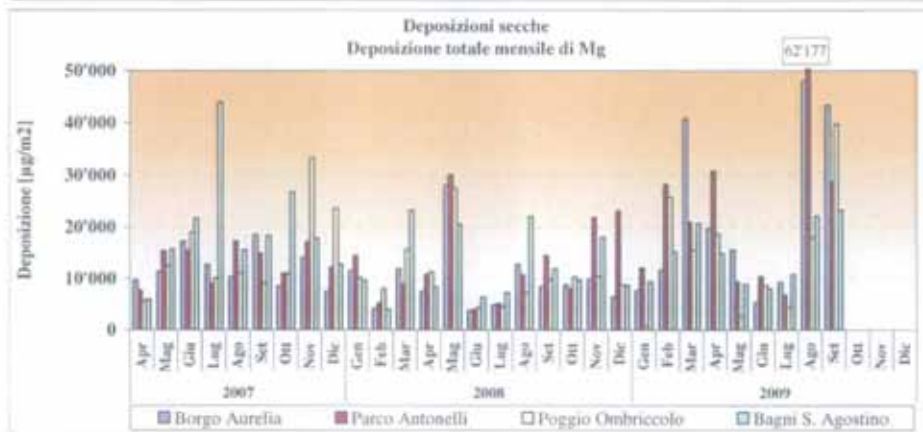
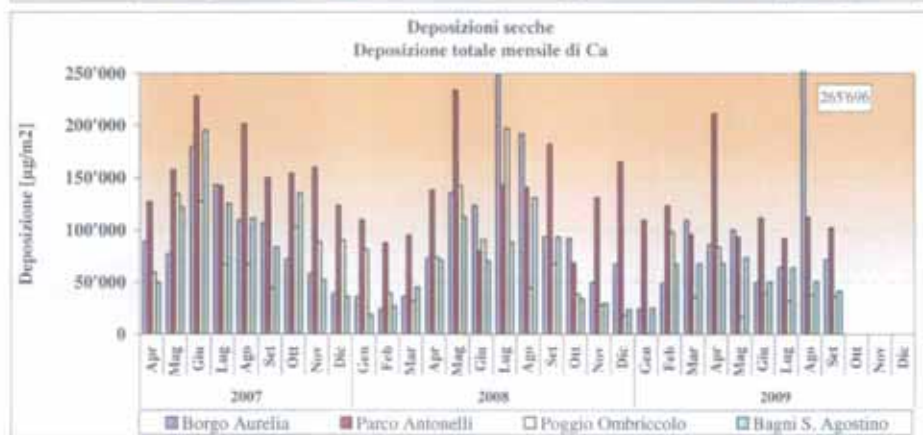
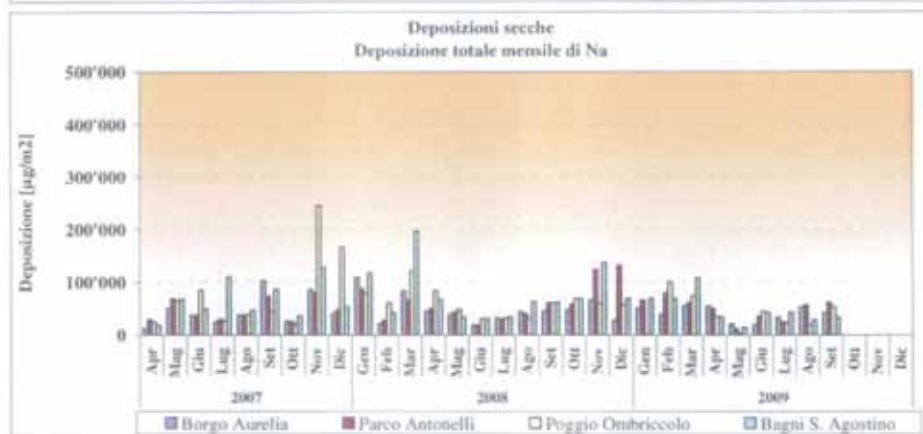
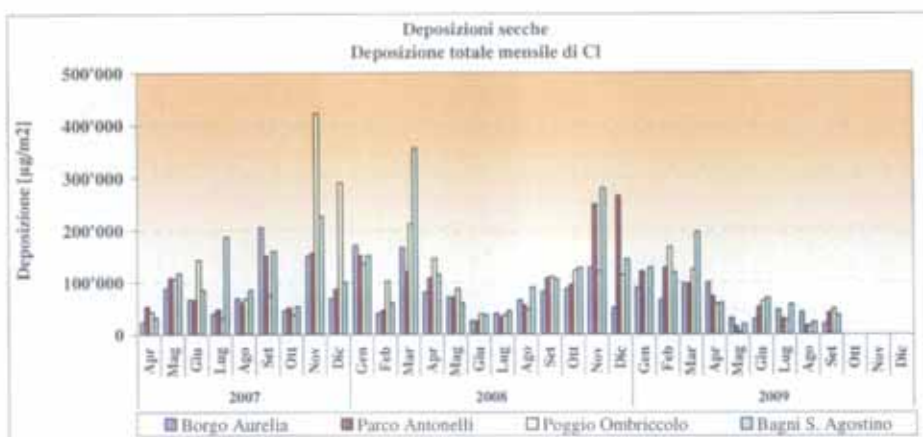
Premesso che la maggior parte dei metalli pesanti è stata ritrovata nella frazione insolubile della deposizione secca e solo saltuariamente si sono trovate significative quantità di **Mn**, **Ti**, **V** e **Zn** nella frazione lisciviabile in acqua, si possono fare le osservazioni che seguono, facendo riferimento alle tabelle e figure precedenti:

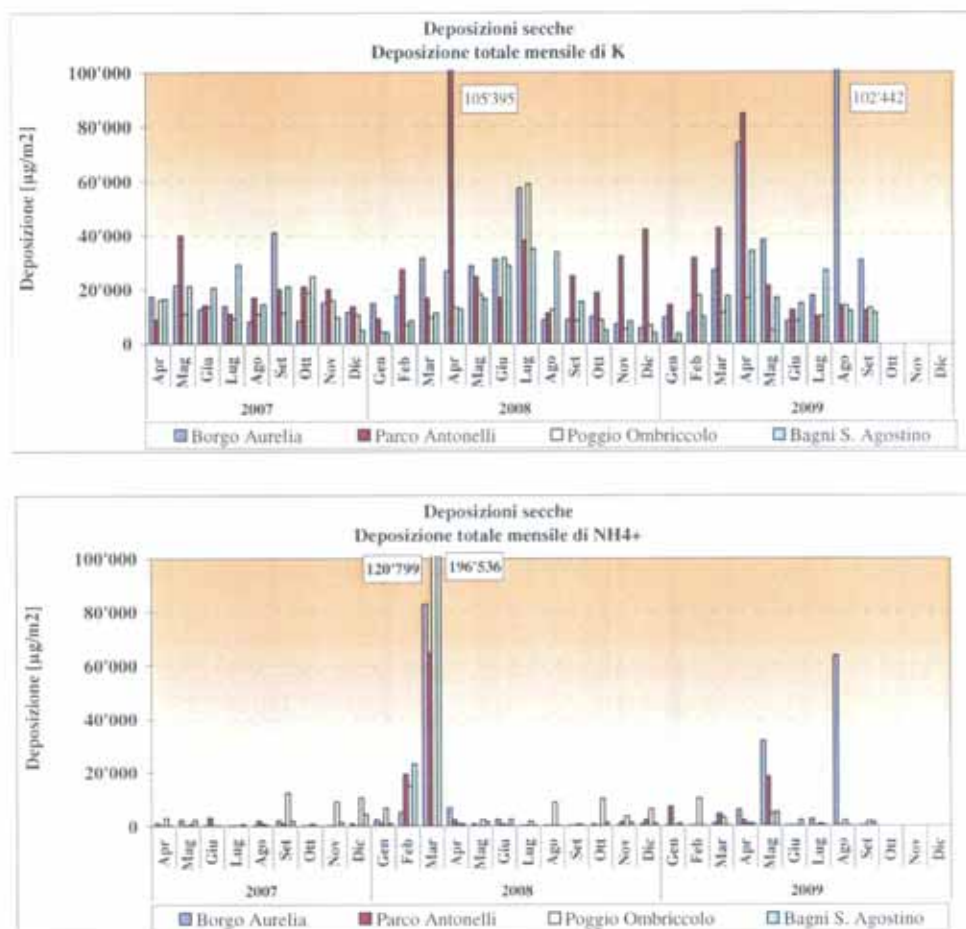
- le deposizioni secche di **Al**, **Mn**, **Ti** e **V** hanno avuto un andamento temporale piuttosto simile con massimi nel periodo primaverile-estivo del 2009, come avvenuto nel 2008. Un calo della deposizione si è avuta a partire da giugno a causa delle forti precipitazioni che hanno dilavato l'atmosfera e portato a terra il particolato. E' possibile quindi che questi metalli abbiano una sorgente comune probabilmente correlata con la componente terrigena della deposizione secca. Da notare che deposizioni di **Al**, **Mn**, **Ti** e **V** sono state quasi sempre più elevate a Parco Antonelli anche nei mesi più piovosi. Una anomala elevata deposizione di **Mn** si è avuta in settembre a Borgo Aurelia;

- la deposizione secca di **As** è stata sempre al di sotto del limite di rilevabilità, al contrario di quanto avvenuto negli altri anni di monitoraggio;
- nelle deposizioni secche del 2009 è aumentata la presenza di **Cr** specie nella postazione di Parco Antonelli. Due elevate deposizioni di cromo sono avvenute a Borgo Aurelia in luglio e settembre;
- E' significativo che le deposizioni secche di **Cu** siano state più abbondanti nelle postazioni di Borgo Aurelia e Parco Antonelli, la più trafficate. Come introdotto in precedenza (v. par. 3.2.1), il Cu è oggi ritenuto un marker del traffico, almeno in ambiente urbano;
- le deposizioni secche di **Ni** del periodo invernale sono diminuite rispetto ai corrispondenti periodi del 2007 e 2008, ma permangono episodi di deposizioni elevate come quello di gennaio a Parco Antonelli e di marzo a Borgo Aurelia;
- a differenza dei precedenti periodi di monitoraggio, nel 2009 è scomparsa la sistematicità di elevate deposizioni secche di **Zn** a Borgo Aurelia rispetto alle altre postazioni. La deposizione secca di Zn appare più uniforme durante l'anno, pur con occasionali episodi di alti valori come in marzo a Borgo Aurelia e in giugno a Parco Antonelli.

Nelle figure che seguono sono mostrati invece gli andamenti temporali delle specie ioniche nelle deposizioni secche, sempre espressi in μg depositati per m^2 :







Relativamente alle specie ioniche, si possono fare le seguenti osservazioni:

- in tutte le postazioni, le specie ioniche depositate maggiormente per via secca sono **solforati**, **nitrati**, **calcio**, **cloruri** e **sodio**, questi due ultimi sicuramente attribuibili allo spray marino e il cui andamento temporale è fortemente correlato;
- le deposizioni secche di **solforati** e **nitrati** nel 2009 non presentano particolari singolarità, salvo episodi sporadici di deposizioni relativamente più elevate in una delle postazioni, come i solforati in febbraio a Parco Antonelli e Poggio Ombriccolo o i nitrati sempre in febbraio a Poggio Ombriccolo. In quest'ultima postazione, data la sua natura rurale, non stati infrequenti casi di elevate deposizioni secche di solforati e nitrati probabilmente legate alle lavorazioni agricole;
- le deposizioni di **calcio** sono state significative in tutte le postazioni, ma continua la sistematicità di una più elevata deposizione secca a Parco Antonelli e, a volte, anche a Borgo Aurelia. In questa ultima postazione, in agosto, si è verificata una elevatissima deposizione secca di calcio, magnesio, potassio e ammonio. Data la singolarità di questa deposizione, si deve pensare a un qualche tipo di evento più strettamente locale;
- la deposizione secca di **magnesio** ha avuto un chiaro andamento ciclico da gennaio a luglio, con massimo a marzo - aprile, seguito un forte rialzo delle deposizioni ad agosto e settembre, molto evidente a Borgo Aurelia, Parco Antonelli e Poggio Ombriccolo.

Come già visto per le deposizioni umide (v. par. 3.4.1.1), anche nelle deposizioni secche il valore del rapporto in massa tra sodio e cloruri è spesso molto prossimo a quello dell'acqua di mare, pari a **0,56**. Nella tabella che segue sono stati evidenziati i campioni nei quali il rapporto Na/Cl rimane compreso entro +/- il 10% del rapporto nell'acqua di mare:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Gen	0.56	0.55	-	0.54
Feb	0.59	0.62	0.60	0.58
Mar	0.57	0.63	0.59	0.55
Apr	0.55	0.68	0.61	0.55
Mag	0.68	0.78	0.64	0.71
Giu	0.67	0.68	0.70	0.60
Lug	0.70	0.80	0.88	0.74
Ago	1.24	3.37	1.08	1.21
Set	2.04	1.50	1.06	0.90
Ott	-	-	-	-
Nov	-	-	-	-
Dic	-	-	-	-

Come introdotto in precedenza a proposito delle deposizioni umide (v. par. 3.4.1.1) le masse d'aria invecchiate possono subire una perdita di cloruri a causa della reazione con l'acido nitrico e ciò provoca l'aumento del valore del rapporto Na/Cl. Pertanto anche le deposizioni secche con Na/Cl maggiore di 0.56 possono contenere particolato sedimentabile su cui si è adsorbito spray marino invecchiato, come nel caso dei trasporti da lunga distanza.

Nella tabella che segue, sono riassunti i valori di deposizione totale secca di metalli e specie ioniche, espressi in μg o mg/m^2 , nelle quattro postazioni di Civitavecchia ed avvenute tra gennaio e settembre 2009. I valori riportati sono comprensivi per ciascun parametro del contributo dato dalla frazione lisciviabile e da quella insolubile in acqua.

Postazione	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino	
Al	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	215074	330276	200621	181050
As	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	36	34	35	34
Be	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	12	21	6	6
Cd	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	29	17	7	14
Co	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	54	94	47	42
Cr	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	4666	2628	358	415
Cu	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	1167	1723	406	892
Hg	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	2	3	2	1
Mn	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	6019	5687	3206	2900
Ni	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	408	506	198	203
Pb	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	420	804	256	246
Pd	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	40	43	23	20
Pt	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	16	15	15	15
Rh	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	22	19	20	18
Sb	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	42	136	40	30
Se	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	124	116	118	116
Sn	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	341	208	643	66
Te	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	26	24	25	24
Ti	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	12391	21237	10467	10985
Tl	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	28	24	25	24
V	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	430	976	343	320
Zn	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	9282	8809	5452	4082
SO4--	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	292311	388879	314845	330893
NO3-	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	363600	261499	376533	316221
Cl-	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	524368	573976	511735	711154
Ca	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	819416	1050620	380775	507310
Na	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	368549	446237	352144	440178
Mg	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	201272	208977	134142	132793
K	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	319838	243021	97465	147521
NH4+	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	105754	33017	23999	11459
PO4---	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	17825	1715	4200	3101
Metalli pesanti totali	[mg/m^2]	251	373	222	202
Specie ioniche totali	[mg/m^2]	3'013	3'208	2'196	2'601
SO4 ⁻ non marini	[mg/m^2]	202	279	228	223
SO4 ⁻ marini	[mg/m^2]	91	110	87	108
NaCl	[mg/m^2]	893	1020	864	1151

Nella tabella precedente si noti che la deposizione secca di Al, Ti e Zn, elementi tipicamente crustali, costituisca il 94 – 97% della deposizione secca dei metalli pesanti. Sono stati anche distinti i contributi dei solfati marini alla deposizione di solfati totali ed è stata riportata la deposizione di cloruro di sodio. Quest'ultima ha rappresentato dal 27 al 41% della deposizione delle specie determinate, come appare anche dalla tabella seguente, in cui i dati sono stati espressi in termini di distribuzione %, raggruppando insieme tutti i metalli pesanti.

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
Metalli pesanti totali	[%]	7.7	10.4	9.2	7.2
NaCl	[%]	27.4	28.5	35.7	41.1
SO ₄ ⁻ non marini	[%]	6.2	7.8	9.4	7.9
SO ₄ ⁻ marini	[%]	2.8	3.1	3.6	3.9
NO ₃ ⁻	[%]	11.1	7.3	15.6	11.3
NH ₄ ⁺	[%]	3.2	0.9	1.0	0.4
Ca+Mg+K	[%]	41.1	42.0	25.3	28.1

Si noti che la deposizione complessiva di calcio, magnesio e potassio ha rappresentato il 41 – 42 % delle specie analizzate a Borgo Aurelia e a Parco Antonelli e il 25 – 28 % nelle altre due postazioni. Nelle prime due postazioni durante i primi nove mesi di monitoraggio è quindi presumibile l'influenza di una sorgente locale specifica. Si noti anche che i solfati marini sono stati circa un terzo della deposizione di solfati totali.

Il rateo giornaliero di deposizione secca di metalli pesanti e specie ioniche, espresso in μg depositati per m^2 al giorno, calcolato dai dati dei primi nove mesi di monitoraggio, è mostrato nella tabella seguente:

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
Al	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	797	1223	743	671
As	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.13	0.13	0.13	0.13
Be	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.04	0.08	0.02	0.02
Cd	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.11	0.06	0.03	0.05
Co	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.20	0.35	0.17	0.16
Cr	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	17.28	9.73	1.32	1.54
Cu	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	4.3	6.4	1.5	3.3
Hg	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.01	0.01	0.01	0.01
Mn	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	22.3	21.1	11.9	10.7
Ni	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.51	1.87	0.74	0.75
Pb	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.56	2.98	0.95	0.91
Pd	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.15	0.16	0.09	0.07
Pt	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.06	0.06	0.06	0.05
Rh	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.08	0.07	0.07	0.07
Sb	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.16	0.50	0.15	0.11
Se	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.46	0.43	0.44	0.43
Sn	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.26	0.77	2.38	0.25
Te	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.10	0.09	0.09	0.09
Ti	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	45.9	78.7	38.8	40.7
Tl	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.10	0.09	0.09	0.09
V	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	1.59	3.61	1.27	1.19
Zn	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	34	33	20	15
SO ₄ ⁻	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	1083	1440	1166	1226
NO ₃ ⁻	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	1347	969	1395	1171
Cl ⁻	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	1942	2126	1895	2634
Ca	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	3035	3891	1410	1879
Na	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	1365	1653	1304	1630
Mg	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	745	774	497	492
K	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	1185	900	361	546
NH ₄ ⁺	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	392	122	89	42
PO ₄ ⁻	[$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	66	6	16	11
Metalli pesanti totali	[$\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.9	1.4	0.8	0.7
Specie ioniche totali	[$\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$]	11.2	11.9	8.1	9.6
SO ₄ ⁻ non marini	[$\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.75	1.03	0.85	0.82
SO ₄ ⁻ marini	[$\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.34	0.41	0.32	0.40
NaCl	[$\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$]	3.3	3.8	3.2	4.3

Utilizzando i precedenti valori dei tassi di deposizione è possibile effettuare un confronto con i dati dei pregressi, in quanto i tassi consentono meglio di confrontare le deposizioni in periodi di tempo di differente lunghezza, come è il caso presente.

Per quanto riguarda i **metalli pesanti totali**, i tassi annuali sono mostrati nel prospetto che segue. I valori sono tutti espressi in $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
2007	0.91	0.83	0.69	0.91
2008	0.86	0.91	0.69	0.79
2009	0.93	1.38	0.82	0.75

Si osserva che vi è stata una sostanziale invarianza dei tassi dei metalli pesanti a Borgo Aurelia, un aumento a Parco Antonelli e a Poggio Ombriccolo e una diminuzione a Bagni S.Agostino. Si tenga presente, comunque, che oltre il 90% della deposizione dei metalli è stata costituita dai soli Al, Ti e Zn, elementi tipicamente cristallini.

Per quanto riguarda le **specie ioniche complessive**, i tassi sono riportati nella tabella sottostante, sempre espressi in $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
2007	11.4	14.2	16.9	14.6
2008	11.6	15.2	13.3	13.7
2009	11.2	11.9	8.1	9.6

In questo caso, si ha ancora una relativa costanza dei tassi di deposizione delle specie ioniche a Borgo Aurelia e una diminuzione progressiva nelle altre postazioni. Tale diminuzione è legata in buona parte ad una minore influenza dello spray marino e ciò dovrebbe dipendere quasi esclusivamente da fattori meteorologici. Nella tabella che segue è mostrata la variazione dei tassi medi annuali di deposizione giornaliera di NaCl, espressi in $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
2007	4.5	4.6	7.4	6.3
2008	4.4	5.7	5.6	6.9
2009	3.3	3.8	3.2	4.3

3.4.2.2 Idrocarburi Aromatici policiclici (IPA) nelle deposizioni secche

Nelle tabelle che seguono, sono riportate le deposizioni secche mensili di Idrocarburi Aromatici Policiclici (IPA), espresse in **ng per m²**, nelle quattro postazioni per il periodo compreso tra gennaio ed ottobre 2009. Per il calcolo si sono utilizzati i criteri già descritti al par. 3.2, ovvero: nel caso di valori di concentrazione inferiori al limite di rivelabilità (LdR), per i calcoli si è utilizzato la metà del LdR. I valori di deposizione equivalenti al limite di rilevabilità sono stati evidenziati in rosso e in corsivo.

I valori di deposizione secca di IPA riscontrati nella postazione di **Borgo Aurelia** sono mostrati di seguito:

Postazione	Borgo Aurelia												
	Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Gio	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Naftalene [ng/m ²]	<i>18</i>	209	59	43	73	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	51	138	-	-	
2-Metilnaftalene [ng/m ²]	<i>18</i>	108	<i>18</i>	<i>18</i>	48	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	-	-	
1-Metilnaftalene [ng/m ²]	<i>18</i>	140	<i>18</i>	<i>18</i>	46	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	67	-	-	
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m ²]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	-	-	
Acenaftilene [ng/m ²]	<i>18</i>	125	50	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	-	-	
Acenaftene [ng/m ²]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	-	-	
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m ²]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	49	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	-	-	
Fluorene [ng/m ²]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	598	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	52	-	-
Fenantrene [ng/m ²]	98	98	194	92	298	81	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	101	-	-
Antracene [ng/m ²]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	-	-
1-Metilfenantrene [ng/m ²]	<i>18</i>	<i>18</i>	287	<i>18</i>	166	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	50	-	-
Fluorantene [ng/m ²]	119	139	275	96	559	91	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	86	-	-
Pirene [ng/m ²]	101	91	227	88	499	77	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	74	-	-
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m ²]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	-	-
Benzo[a]antracene [ng/m ²]	<i>18</i>	57	97	<i>18</i>	206	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	-	-
Crisene [ng/m ²]	99	79	205	59	353	43	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	50	-	-
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m ²]	<i>53</i>	<i>53</i>	222	<i>53</i>	278	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	-	-
Benzo[k]fluorantene [ng/m ²]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	-	-
Benzo[c]pirene [ng/m ²]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	164	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	-	-
Benzo[a]pirene [ng/m ²]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	139	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	-	-
Perilene [ng/m ²]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	554	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m ²]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	128	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	-	-
Dibenzo[a, b]antracene [ng/m ²]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	-	-
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m ²]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	202	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	-	-
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m ²]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	-	-
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m ²]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	-	-
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m ²]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	-	-
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m ²]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	-	-
Totale [ng/m ²]	1'264	1'805	2'338	2'320	3'653	1'139	917	917	951	1'395	-	-	

I valori di deposizione secca di IPA riscontrati nella postazione di **Parco Antonelli** sono riportati nella tabella seguente:

Postazione	Parco Antonelli												
	Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Gio	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Naftalene [ng/m ²]	112	310	394	45	18	18	18	18	18	165	165	-	-
2-Metilnaftalene [ng/m ²]	18	124	64	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
1-Metilnaftalene [ng/m ²]	68	186	108	18	18	18	18	18	18	87	18	-	-
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
Acenaftilene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
Acenaftene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
Fluorene [ng/m ²]	18	18	46	102	18	18	18	18	18	18	18	-	-
Fenantrene [ng/m ²]	123	188	288	76	18	71	18	18	18	556	212	-	-
Antracene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	98	18	-	-
1-Metilfenantrene [ng/m ²]	18	143	58	48	18	18	18	18	18	18	99	-	-
Fluorantene [ng/m ²]	177	235	375	110	18	80	18	18	18	602	670	-	-
Pirene [ng/m ²]	174	199	333	120	18	70	18	18	18	538	697	-	-
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
Benzo[a]antracene [ng/m ²]	18	145	127	18	18	18	18	18	18	137	443	-	-
Crisene [ng/m ²]	18	115	281	142	18	66	18	18	18	189	808	-	-
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m ²]	53	190	366	194	53	159	53	53	53	751	1062	-	-
Benzo[k]fluorantene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-
Benzo[c]pirene [ng/m ²]	53	53	187	53	53	53	53	53	53	318	318	-	-
Benzo[a]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-
Perilene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	425	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	184	53	-	-
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m ²]	143	53	172	53	53	53	53	53	53	335	258	-	-
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-
Dibenzo[a, l]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-
Totale [ng/m²]	1'574	2'542	3'380	1'579	917	1'240	917	917	4'525	5'738	-	-	

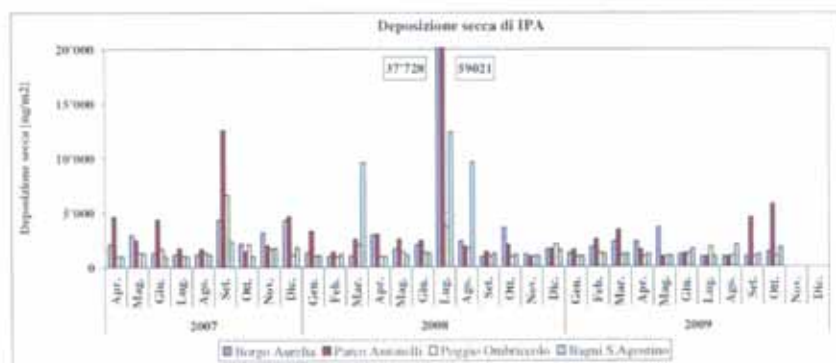
I valori di deposizione secca di IPA riscontrati nella postazione di **Poggio Ombriccolo** sono mostrati nella tabella sottostante:

Postazione	Poggio Ombriccolo												
	Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Gio	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Naftalene [ng/m ²]	18	171	43	18	18	18	102	18	18	18	47	-	-
2-Metilnaftalene [ng/m ²]	18	43	18	18	18	18	85	18	18	18	18	-	-
1-Metilnaftalene [ng/m ²]	18	79	18	18	18	18	159	18	18	18	18	-	-
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
Acenaftilene [ng/m ²]	18	116	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
Acenaftene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
Fluorene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
Fenantrene [ng/m ²]	18	47	49	18	48	58	141	18	18	46	-	-	
Antracene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-	
1-Metilfenantrene [ng/m ²]	18	18	50	18	18	18	113	94	18	43	-	-	
Fluorantene [ng/m ²]	60	57	61	63	53	18	159	18	18	18	-	-	
Pirene [ng/m ²]	18	18	51	48	18	18	142	43	18	18	-	-	
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-	
Benzo[a]antracene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	56	18	18	18	-	-	
Crisene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	98	18	18	18	-	-	
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	286	53	53	53	-	-	
Benzo[k]fluorantene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Benzo[e]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Benzo[a]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Perilene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	143	53	53	53	-	-	
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Dibenzo[a, l]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Totale [ng/m ²]	960	1'324	1'084	993	983	1'251	1'843	1'019	917	1'001	-	-	

I valori di deposizione secca di IPA riscontrati nella postazione di **Bagni S. Agostino** sono mostrati di seguito:

Postazione	Bagni S. Agostino												
	Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Gio	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Naftalene [ng/m ²]	18	65	49	44	18	214	18	18	18	18	161	-	-
2-Metilnaftalene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	150	18	18	18	18	55	-	-
1-Metilnaftalene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	248	18	18	18	18	88	-	-
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	79	-	-
Acenaftilene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
Acenaftene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	45	18	18	18	18	18	-	-
Fluorene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	68	-	-
Fenantrene [ng/m ²]	18	63	68	53	18	76	18	109	103	158	-	-	
Antracene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-
1-Metilfenantrene [ng/m ²]	18	18	18	103	116	18	18	62	50	46	-	-	
Fluorantene [ng/m ²]	80	121	108	84	18	63	18	228	92	129	-	-	
Pirene [ng/m ²]	18	74	79	66	18	57	18	199	77	103	-	-	
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-	
Benzo[a]antracene [ng/m ²]	18	18	18	18	18	18	18	59	18	18	-	-	
Crisene [ng/m ²]	18	47	79	43	18	18	18	96	18	46	-	-	
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	296	53	149	-	-	
Benzo[k]fluorantene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Benzo[e]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Benzo[a]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Perilene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	168	53	53	-	-	
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Benzo[g, h, i]perilene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	173	53	53	-	-	
Dibenzo[a, e]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Dibenzo[a, h]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Dibenzo[a, i]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Dibenzo[a, l]pirene [ng/m ²]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	-	-	
Totale [ng/m ²]	980	1'200	1'214	1'204	1'015	1'646	917	2'043	1'170	1'770	-	-	

I valori di deposizioni mensili di IPA **totali** nelle quattro postazioni sono confrontati nella figura seguente:



Complessivamente, la deposizione secca di IPA nel 2009 appare molto contenuta. Dal complesso dei risultati del 2009, si possono trarre le seguenti osservazioni:

- gli IPA più frequentemente rilevati nelle deposizioni secche sono quelli a 2 – 4 anelli (IPA compresi tra naftalene a crisene delle tabelle precedenti), alchilati e non alchilati, di cui i più abbondanti in genere sono: fenantrene, 1-metilfenantrene, fluorantene e pirene. In un numero ridotto di casi, si è anche riscontrata effettivamente la presenza di IPA a 5-6 anelli condensati (IPA compresi tra i benzofluoranteni e i dibenzopireni nelle tabelle precedenti) che di solito sono associati alle frazioni carboniose del particolato depositato. Gli IPA più pesanti sono risultati in massima parte a livelli inferiori al limite di rilevabilità;
- le deposizioni massime di IPA nel 2009 si sono avute a settembre a Parco Antonelli, ma i valori sono stati di gran lunga inferiori a quelli massimi riscontrati nel 2007 e 2008.

Nella tabella sottostante sono stati riassunti i valori di deposizione secca complessiva avvenuti nel periodo di indagine, espressi in ng per unità di superficie :

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Naftalene	[ng /m ²]	643	1'263	469	621
2-Metilnaftalene	[ng /m ²]	297	329	269	346
1-Metilnaftalene	[ng /m ²]	376	555	379	477
2,6-Dimetilnaftalene	[ng /m ²]	176	176	176	238
Acenaftilene	[ng /m ²]	316	176	274	176
Acenaftene	[ng /m ²]	176	176	176	176
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng /m ²]	208	176	176	204
Fluorene	[ng /m ²]	792	289	176	227
Fenantrene	[ng /m ²]	1'016	1'566	459	683
Antracene	[ng /m ²]	176	257	176	176
1-Metilfenantrene	[ng /m ²]	626	454	406	465
Fluorantene	[ng /m ²]	1'417	2'303	523	941
Pirene	[ng /m ²]	1'209	2'184	390	709
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng /m ²]	176	176	176	176
Benzo[a]antracene	[ng /m ²]	484	958	215	217
Crisene	[ng /m ²]	941	1'671	256	400
Benzo[b+j]fluorantene	[ng /m ²]	923	2'933	762	869
Benzo[k]fluorantene	[ng /m ²]	529	529	529	529
Benzo[e]pirene	[ng /m ²]	640	1'193	529	529
Benzo[a]pirene	[ng /m ²]	616	529	529	529
Perilene	[ng /m ²]	1'031	901	529	644
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng /m ²]	605	661	529	529
Dibenzo[a, h]antracene	[ng /m ²]	529	529	529	529
Benzo[g,h,i]perilene	[ng /m ²]	679	1'227	619	649
Dibenzo[a,e]pirene	[ng /m ²]	529	529	529	529
Dibenzo[a,h]pirene	[ng /m ²]	529	529	529	529
Dibenzo[a,i]pirene	[ng /m ²]	529	529	529	529
Dibenzo[a, l]pirene	[ng /m ²]	529	529	529	529
Totale	[ng /m²]	16'699	23'330	11'374	13'160

Come si può notare, la deposizione secca complessiva di IPA è stata effettivamente modesta ed è rimasta compresa tra 11 e 23 μg totali per m^2 con il minimo di deposizione nella postazione rurale di Poggio Ombriccolo e il massimo a Parco Antonelli, la postazione urbana.

Nella tabella che segue, infine, sono riportati i ratei di deposizione secca di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), espressi in ng per m^2 al giorno:

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Naftalene	[ng /m ² /d]	2.1	4.2	1.6	2.1
2-Metilnaftalene	[ng /m ² /d]	1.0	1.1	0.9	1.1
1-Metilnaftalene	[ng /m ² /d]	1.2	1.8	1.3	1.6
2,6-Dimetilnaftalene	[ng /m ² /d]	0.6	0.6	0.6	0.8
Acenaftilene	[ng /m ² /d]	1.0	0.6	0.9	0.6
Acenaftene	[ng /m ² /d]	0.6	0.6	0.6	0.6
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng /m ² /d]	0.7	0.6	0.6	0.7
Fluorene	[ng /m ² /d]	2.6	1.0	0.6	0.8
Fenantrene	[ng /m ² /d]	3.4	5.2	1.5	2.3
Antracene	[ng /m ² /d]	0.6	0.9	0.6	0.6
1-Metilfenantrene	[ng /m ² /d]	2.1	1.5	1.3	1.5
Fluorantene	[ng /m ² /d]	4.7	7.6	1.7	3.1
Pirene	[ng /m ² /d]	4.0	7.2	1.3	2.3
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng /m ² /d]	0.6	0.6	0.6	0.6
Benzo[a]antracene	[ng /m ² /d]	1.6	3.2	0.7	0.7
Crisene	[ng /m ² /d]	3.1	5.5	0.8	1.3
Benzo[b+j]fluorantene	[ng /m ² /d]	3.1	9.7	2.5	2.9
Benzo[k]fluorantene	[ng /m ² /d]	1.8	1.8	1.8	1.8
Benzo[c]pirene	[ng /m ² /d]	2.1	4.0	1.8	1.8
Benzo[a]pirene	[ng /m ² /d]	2.0	1.8	1.8	1.8
Perilene	[ng /m ² /d]	3.4	3.0	1.8	2.1
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng /m ² /d]	2.0	2.2	1.8	1.8
Dibenzo[a, h]antracene	[ng /m ² /d]	1.8	1.8	1.8	1.8
Benzo[g,h,i]perilene	[ng /m ² /d]	2.2	4.1	2.1	2.2
Dibenzo[a,e]pirene	[ng /m ² /d]	1.8	1.8	1.8	1.8
Dibenzo[a,h]pirene	[ng /m ² /d]	1.8	1.8	1.8	1.8
Dibenzo[a,i]pirene	[ng /m ² /d]	1.8	1.8	1.8	1.8
Dibenzo[a, l]pirene	[ng /m ² /d]	1.8	1.8	1.8	1.8
Totale	[ng /m²/d]	55	77	38	44

Nella tabella sottostante sono confrontati i ratei del 2009 con quelli del 2007 e 2008, molto più indicativi per paragonare le deposizioni avvenute in periodi di tempo di differente lunghezza, come è il caso presente. I valori sono espressi in $\text{ng/m}^2/\text{d}$:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
2007	82	129	64	43
2008	148	205	38	83
2009	55	77	38	44

Si può notare che effettivamente i ratei annuali parziali del 2009 sono al momento molto modesti e sono per lo più inferiori a quelli degli anni precedenti. Per un migliore confronto, occorre però valutare i dati una volta inclusi quelli dei mesi invernali.

3.4.2.3 Composizione e rateo della deposizione secca

Nella tabella che segue è riportata la composizione della deposizione secca avvenuta nel corso del 2009 in ciascuna postazione, raggruppando le sostanze determinate e tenendo conto anche della frazione di particolato insolubile che non è stato caratterizzato. Quest'ultimo contiene elementi cristallini quali silicio e ferro, non facenti parte del protocollo analitico ma presenti sotto forma di ossidi e la componente di

carbonio organico. Non è stata considerata invece la deposizione secca di IPA in quanto quantitativamente del tutto trascurabile in termini massivi rispetto alle altre componenti.

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccollo	Bagni S.Agostino
Insolubile non caratterizzato	[mg/m ²]	8'030	6'613	3'382	3'646
Metalli pesanti totali	[mg/m ²]	251	373	222	202
NaCl	[mg/m ²]	893	1'020	864	1'151
SO₄⁻ non marini	[mg/m ²]	202	279	228	223
SO₄⁻ marini	[mg/m ²]	91	110	87	108
NO₃⁻	[mg/m ²]	364	261	377	316
NH₄⁺	[mg/m ²]	106	33	24	11
Ca+Mg+K	[mg/m ²]	1'341	1'503	612	788
Totale	[mg/m ²]	11'275	10'193	5'796	6'445

Tenendo conto anche della frazione di particolato sedimentabile non caratterizzato, la deposizione totale secca annua nelle quattro postazioni è rimasta compresa tra 5.8 e 11.2 g/m², di cui più della metà è dovuta al particolato sedimentabile non caratterizzato, come risulta meglio dalla tabella sottostante in cui è riportata la distribuzione % delle varie specie rispetto al totale della deposizione secca:

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccollo	Bagni S.Agostino
Insolubile non caratterizzato	[%]	71,1	64,9	58,3	56,5
Metalli pesanti totali	[%]	2,2	3,7	3,8	3,1
NaCl	[%]	7,9	10,0	14,9	17,9
SO₄⁻ non marini	[%]	1,8	2,7	3,9	3,5
SO₄⁻ marini	[%]	0,8	1,1	1,5	1,7
NO₃⁻	[%]	3,2	2,6	6,5	4,9
NH₄⁺	[%]	0,9	0,3	0,4	0,2
Ca+Mg+K	[%]	11,9	14,7	10,6	12,2

Risulta infatti che non è stata caratterizzato il 65 - 71% della deposizione secca di Borgo Aurelia e Parco Antonelli e il 56 - 58 % della deposizione delle altre due postazioni. Da notare che a Poggio Ombriccollo, i sali marini (NaCl e solfati marini) rappresentano poco più del 16% della deposizione secca totale, nonostante si tratti della la postazione più lontana dal mare. Nelle postazioni di Borgo Aurelia e Parco Antonelli le deposizioni secche di sali marini, calcolate con lo stesso criterio, pesano per circa il 9 - 11 % e per quasi il 20% a Bagni s. Agostino, la postazione più prossima al mare.

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione secca, espressi in mg/m²/d, aggregando i parametri determinati (v. par. precedenti) in classi principali e tenendo conto dell'entità del particolato sedimentabile non caratterizzato. Non sono stati inclusi i valori per gli IPA, in quanto trascurabili in termini di massa depositata (v. par. precedente).

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccollo	Bagni S.Agostino
Insolubile non caratterizzato	[mg/m ² /d]	30	24	13	14
Metalli pesanti totali	[mg/m ² /d]	0,9	1,4	0,8	0,7
NaCl	[mg/m ² /d]	3,3	3,8	3,2	4,3
SO₄⁻ non marini	[mg/m ² /d]	0,7	1,0	0,8	0,8
SO₄⁻ marini	[mg/m ² /d]	0,3	0,4	0,3	0,4
NO₃⁻	[mg/m ² /d]	1,3	1,0	1,4	1,2
NH₄⁺	[mg/m ² /d]	0,4	0,1	0,1	0,0
Ca+Mg+K	[mg/m ² /d]	5,0	5,6	2,3	2,9
Totale	[mg/m ² /d]	42	38	21	24

I ratei annuali di deposizione secca complessiva rimangono quindi compresi tra 21 e 42 mg/m²/d a seconda della postazione. Per una valutazione della significatività di tali valori, in assenza di limiti definiti dalla normativa nazionale, si può ricorrere ai valori di riferimento contenuti nel rapporto finale del gruppo di lavoro della Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico del Ministero dell'Ambiente. In tale rapporto, è riportata la seguente classificazione basata sul tasso di deposizione gravimetrico:

Classe di polverosità'	Polvere totale sedimentabile mg/m ² /giorno	Indice di polverosità'
I	<100	praticamente assente
II	100 – 250	bassa
III	251 – 500	media
IV	501 – 600	medio-alta
V	>600	elevata

Con i criteri di qui sopra, i ratei di deposizione complessivi riscontrati a Civitavecchia rientrano nella classe di polverosità I, con un indice di polverosità "praticamente assente".

Purtroppo, per il territorio italiano esistono ben pochi dati di ratei delle deposizioni secche e risulta difficile effettuare valutazioni e confronti. Tra gli scarsissimi dati disponibili, vi sono quelli relativi della stazione di rilevamento dell'Istituto Superiore di Sanità, ubicata a Roma in zona classificabile come "orientata al traffico", di cui sono stati pubblicati i dati per il 2003 e 2004 nel Rapporto ISTISAN 06/13 (¹²). I valori del rateo di deposizione di polveri sedimentabili totali misurati in Roma è stato di 59.3 mg/m²/d nel 2003 e 47.3 mg/m²/d nel 2004, confrontabili con i valori di 21÷42 mg/m²/d riscontrati nelle postazioni di Civitavecchia nel 2009.

Un ulteriore confronto si può effettuare relativamente ai ratei di deposizione secca di alcuni metalli per la città di Roma (As, Cd, Ni e Pb), pubblicati anch'essi nel citato rapporto ISTISAN. Nella tabella sottostante sono messi a confronto i ratei di deposizione secca di As, Cd, Ni e Pb determinati nelle postazioni di Civitavecchia nel 2007, 2008 e 2009 con quelli misurati nella postazione ISS di Roma:

Postazione		Borgo Aurelia			Parco Antonelli			Poggio Ombriccolo			Bagni S. Agostino		
		2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
As	[µg/m ² /d]	0.81	1.20	0.13	1.73	1.27	0.13	1.02	1.65	0.13	20.42	1.39	0.13
Cd	[µg/m ² /d]	0.45	0.10	0.11	0.19	0.09	0.06	0.23	0.09	0.03	0.32	0.08	0.05
Ni	[µg/m ² /d]	5.05	2.66	1.51	3.29	1.65	1.87	3.42	1.56	0.74	3.89	1.99	0.75
Pb	[µg/m ² /d]	2.03	2.48	1.56	1.51	2.8	2.98	1.4	1.28	0.95	0.88	1.06	0.91

Postazione ISS di Roma	Anno 2003	Anno 2004
As [µg/m ² /d]	9.25	6.97
Cd [µg/m ² /d]	0.33	0.20
Ni [µg/m ² /d]	4.78	8.39
Pb [µg/m ² /d]	21.6	14.2

Tenuto conto delle differenze dovute alle diverse tipologie di stazioni di raccolta delle deposizioni secche e della variabilità che contraddistingue le deposizioni secche, si nota comunque un buon accordo tra i due siti tra i ratei di tutti i metalli. In particolare, nel 2009 i ratei riscontrati nei primi nove mesi di monitoraggio del 2009 nelle postazioni di Civitavecchia sono inferiori, anche di molto, a quelli rilevati a Roma.

¹² Cattani G., Viviano G.: Stazione di rilevamento dell'Istituto Superiore di Sanità per lo studio della qualità dell'aria: anni 2003 e 2004". Rapporto ISTISAN06/13 (2006)

Un ulteriore confronto può essere fatto con i valori di intervalli di ratei di deposizione secca per diverse tipologie di aree (rurali, urbane, industriali) pubblicate in uno studio della Comunità Europea e riportate nel citato Rapporto ISTISAN 06/13. I dati sono mostrati nella tabella seguente, confrontati con gli intervalli determinati a Civitavecchia:

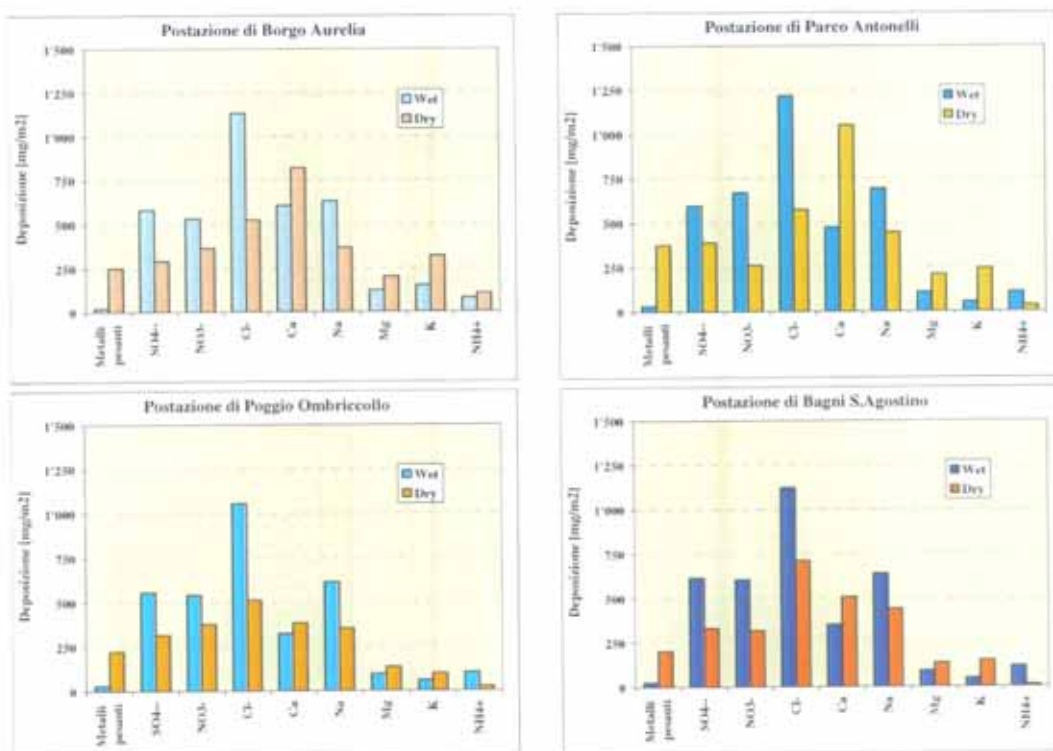
Metallo	Aree rurali	Aree urbane	Aree industriali	Civitavecchia 2007	Civitavecchia 2008	Civitavecchia 2009
As [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0,082 - 0,43	0,22 - 3,4	2,0 - 4,3	0,81 - 1,73 (*)	1,20 - 1,39	0,13
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0,011 - 0,14	0,16 - 0,90	0,12 - 4,6	0,19 - 0,45	0,08 - 0,10	0,03 - 0,11
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0,03 - 4,3	5 - 11	2,3 - 22	3,3 - 5,1	1,56 - 2,66	0,74 - 1,51

(*) - E' stato escluso un valore anomalo di Bagni S. Agostino

In questo caso i ratei di deposizione secca di Civitavecchia sono molto ben assimilabili a quelli del tipico intervallo di aree urbane o rurali.

3.4.3 Deposizioni totali da eventi umidi e secchi

Le figure che seguono riassumono graficamente gli apporti al suolo complessivi, espressi in mg/m^2 , di metalli e specie ioniche dovuti alle deposizioni atmosferiche del 2009, già riportati nei paragrafi precedenti. Non sono stati inseriti nel conteggio gli IPA in quanto poco significativi in termini di massa depositata al confronto degli altri parametri. I metalli pesanti sono stati raggruppati in un'unica voce mentre sono state mantenute distinte le deposizioni delle singole specie ioniche:



Dai grafici precedenti, spicca la elevata deposizione al suolo di cloruro di sodio che nel 2009 è avvenuta soprattutto attraverso eventi piovosi ma anche attraverso la deposizione secca di spray marino. Da notare che anche nella postazione geograficamente più vicine al mare, ovvero Bagni S. Agostino, la deposizione di sale marino è avvenuta per la maggior parte attraverso eventi di pioggia, come accaduto per quella di Poggio Ombriccolo, la più lontana dal mare.

La deposizione di metalli pesanti è avvenuta prevalentemente attraverso le polveri sedimentabili (deposizioni *dry*). Come introdotto in precedenza, la deposizione di metalli pesanti è per lo più costituita da elementi metallici crustali e gli apporti di metalli antropogenici sembrerebbero molto scarsi (v. par. 3.4.1.1 e 3.4.2.1). Da notare l'elevata presenza di calcio nelle deposizioni totali, molto evidente nelle

postazioni di Borgo Aurelia e Parco Antonelli e preferibilmente depositato per via secca ma con significativi apporti anche per via umida.

Nella tabella che segue, è riportata la composizione % delle **deposizioni atmosferiche totali** avvenute nel 2009, introducendo anche il particolato insolubile che non è stato caratterizzato chimicamente:

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Insolubile non caratterizzato	[%]	53.1	46.8	36.9	36.3
Metalli pesanti totali	[%]	1.8	2.9	2.7	2.2
SO ₄ ⁻ non marini	[%]	4.1	5.0	6.9	6.8
SO ₄ ⁻ marini	[%]	1.6	2.0	2.6	2.6
NaCl	[%]	17.6	20.7	27.6	29.0
NO ₃ ⁻	[%]	5.9	6.6	10.0	9.1
Ca	[%]	9.4	10.8	7.7	8.5
Mg	[%]	2.1	2.2	2.5	2.2
K	[%]	3.1	2.1	1.7	1.9
NH ₄ ⁺	[%]	1.2	1.0	1.4	1.3

Come prevedibile, la massima parte della deposizione atmosferica non è stata caratterizzata e dovrebbe essere composta da frazioni minerali composte da tipici ossidi di costituenti cristallini come Si e Fe.

Il 18 - 29 % delle deposizioni atmosferiche sono dovute a cloruro di sodio da sali marini che apportano anche 1.6 - 2.6 % di solfati. I solfati non marini costituiscono così tra il 4.1 e il 6.9 % delle deposizioni, un intervallo di valori confrontabile con quello dei nitrati che rappresentano tra il 5.9 e il 10.0 % delle deposizioni atmosferiche. Come già evidenziato, la deposizione di calcio è molto significativa e costituisce tra il 7.7 e il 10.8 % delle deposizioni atmosferiche totali.

Nella tabella che segue sono riportate le deposizioni atmosferiche totali delle specie analizzate espresse in µg/m³ o mg/m³:

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Al	[µg/m ³]	224'195	343'361	212'457	193'083
As	[µg/m ³]	390	479	477	473
Be	[µg/m ³]	49	69	40	46
Cd	[µg/m ³]	65	62	52	58
Co	[µg/m ³]	89	138	91	86
Cr	[µg/m ³]	4'843	2'850	579	635
Cu	[µg/m ³]	1'697	2'173	1'062	1'331
Hg	[µg/m ³]	103	114	112	111
Mn	[µg/m ³]	6'512	6'339	4'060	3'894
Ni	[µg/m ³]	585	728	457	551
Pb	[µg/m ³]	557	966	436	416
Pd	[µg/m ³]	110	132	111	108
Pt	[µg/m ³]	86	106	106	109
Rh	[µg/m ³]	111	130	130	128
Sb	[µg/m ³]	113	225	152	117
Se	[µg/m ³]	1'186	1'451	1'445	1'432
Sn	[µg/m ³]	518	431	864	286
Te	[µg/m ³]	203	246	246	243
Ti	[µg/m ³]	13'154	22'130	11'096	11'731
Tl	[µg/m ³]	129	135	136	134
V	[µg/m ³]	784	1'420	785	759
Zn	[µg/m ³]	15'469	19'848	16'748	9'947
SO ₄ ⁻	[µg/m ³]	872'064	983'517	870'421	945'652
NO ₃ ⁻	[µg/m ³]	894'397	931'407	918'108	919'189
Cl ⁻	[µg/m ³]	1'656'419	1'790'258	1'567'570	1'832'594
Ca	[µg/m ³]	1'424'891	1'524'965	702'586	858'332
Na	[µg/m ³]	1'002'034	1'138'995	965'018	1'077'177
Mg	[µg/m ³]	324'815	317'418	230'088	224'061
K	[µg/m ³]	473'544	296'726	156'067	194'451
NH ₄ ⁺	[µg/m ³]	186'662	142'960	128'030	127'812
Metalli pesanti totali	[mg/m³]	271	404	252	226
Specie ioniche totali	[mg/m³]	6'835	7'126	5'538	6'179
SO ₄ ⁻ non marini	[mg/m ³]	626	703	633	681
SO ₄ ⁻ marini	[mg/m ³]	247	280	237	265
NaCl	[mg/m ³]	2658	2929	2533	2910

Infine, il rateo di deposizione giornaliero, espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$, è riportato nella tabella seguente:

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Al	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	830	1'272	787	715
As	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1.4	1.8	1.8	1.8
Be	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.2	0.3	0.1	0.2
Cd	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.2	0.2	0.2	0.2
Co	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.3	0.5	0.3	0.3
Cr	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	17.9	10.6	2.1	2.4
Cu	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	6.3	8.0	3.9	4.9
Hg	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.4	0.4	0.4	0.4
Mn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	24.1	23.5	15.0	14.4
Ni	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2.2	2.7	1.7	2.0
Pb	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2.1	3.6	1.6	1.5
Pd	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.4	0.5	0.4	0.4
Pt	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.3	0.4	0.4	0.4
Rh	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.4	0.5	0.5	0.5
Sb	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.4	0.8	0.6	0.4
Se	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	4.4	5.4	5.4	5.3
Sn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1.9	1.6	3.2	1.1
Te	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.8	0.9	0.9	0.9
Ti	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	48.7	82.0	41.1	43.4
Tl	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.5	0.5	0.5	0.5
V	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2.9	5.3	2.9	2.8
Zn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	57	74	62	37
SO ₄ ²⁻	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	3'230	3'643	3'224	3'502
NO ₃ ⁻	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	3'313	3'450	3'400	3'404
Cl ⁻	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	6'135	6'631	5'806	6'787
Ca	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	5'277	5'648	2'602	3'179
Na	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	3'711	4'219	3'574	3'990
Mg	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1'203	1'176	852	830
K	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1'754	1'099	578	720
NH ₄ ⁺	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	691	529	474	473
Metalli pesanti totali	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	1.00	1.49	0.93	0.84
Specie ioniche totali	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	25.3	26.4	20.5	22.9
SO ₄ ²⁻ non marini	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	2.3	2.6	2.3	2.5
SO ₄ ²⁻ marini	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	0.9	1.0	0.9	1.0
NaCl	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	9.8	10.8	9.4	10.8

4 CONCLUSIONI

Il terzo anno di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico del comprensorio di Civitavecchia ha permesso di arricchire il quadro conoscitivo relativamente ai valori di concentrazione degli inquinanti atmosferici aerodispersi e alla entità di quelli ricondotti al suolo dalle deposizioni atmosferiche umide e secche nella condizione sia "ante operam", ovvero a Centrale ENEL non ancora operativa, sia "post operam", essendo un gruppo entrato a regime nella seconda metà di giugno. Si sono anche confermati alcuni andamenti caratteristici già emersi dalla valutazione dei risultati del 2007 e del 2008.

I principali andamenti riscontrati per i primi dieci mesi di monitoraggio del 2009 (gennaio – ottobre) sono riassunti di seguito.

Particolato PM10:

- l'intervallo dei dati di concentrazione media annuale di **PM10** nelle quattro postazioni ha mostrato una variabilità del dato non molto elevata, rimanendo compreso tra i $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ della postazione rurale di Poggio Ombriccolo e i $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ della postazione urbana di Parco Antonelli. Nelle postazioni di Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino la polverosità media è stata invece di circa $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore intermedio tra quelli delle due precedenti postazioni. La polverosità media annuale ricavata mediando i dati delle quattro postazioni è risultata pari a $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ben inferiore al valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ della normativa italiana e anche inferiore al valore della concentrazione media del 2007, pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e del 2008, pari a $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nelle quattro postazioni, i superamenti della soglia giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono stati: tre a Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino, cinque a Borgo Aurelia e nove a Parco Antonelli, avvenuti in massima parte tra febbraio e maggio. E' probabile che buona parte dei superamenti giornalieri siano da attribuire in realtà ad apporti da lunga distanza di polveri di origine sahariana, come si dedurrebbe dall'analisi delle *backtrjectories* dei giorni precedenti gli eventi;
- per quanto riguarda i **metalli pesanti** nel particolato PM10, si sono riscontrate concentrazioni relative elevate di Al, Ti e Zn, associabili ad apporti terrigeni. Cr, Mn, Ni, e Pb sono frequentemente presenti, ma a concentrazioni nettamente inferiori a quelle dell'alluminio. La concentrazione del Ni sembra avere un andamento ciclico con massimi relativi in estate, per cui si confermerebbe l'ipotesi di una correlazione con l'incremento estivo del traffico portuale e quindi con le emissioni dei motori marini diesel. Nella postazione urbana di Parco Antonelli, la più trafficata, si sono avute le concentrazioni relativamente più elevate di Cu, a volte coincidenti con la presenza anche di Sb. Nella letteratura scientifica si assume che tali metalli siano "marker" del traffico veicolare, in quanto si associano all'usura degli apparati frenanti. As non è stato mai presente nel PM10 a concentrazioni maggiori del suo limite di rivelabilità. Dei metalli previsti dalla normativa italiana o dai valori guida della qualità dell'aria di WHO, nessuno ha superato il suo valore limite;
- le **specie ioniche** (metalli alcalino terrosi, ammonio, solfati, nitrati e cloruri) sono risultate essere sempre la componente maggioritaria del particolato. E' evidente in ogni caso l'influenza dei sali di origine marina che si riflettono anche sul tenore di solfati totali, in quanto in determinati periodi e situazioni meteorologiche, fino al 20-35% dei solfati può essere di origine marina. Nella maggior parte dei casi, i solfati marini contano però per meno del 10% dei solfati totali. Anche nel 2009 è visibile il tipico ciclo stagionale dei solfati con massimi nei mesi estivi e minimi in quelli invernali. I nitrati hanno avuto anch'essi un andamento stagionale, in controtendenza rispetto a quello dei solfati, ma con meno evidenza. Solfati e ammonio sono risultati abbastanza ben correlati tra loro e ciò è indicativo della presenza in aria di particolato secondario costituito per l'appunto da solfati di ammonio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ e } \text{NH}_4\text{HSO}_4]$.

Idrocarburi aromatici policiclici (IPA) nel PTS:

- nell'atmosfera di Civitavecchia sembrano essere prevalenti IPA da 2 a 4 anelli, probabilmente associabili ad emissioni da motori a combustione interna sia veicolari sia navali, quali: naftalene e i suoi derivati metilici, fenantrene, fluorantene e pirene;
- gli IPA a 5-6 anelli, tra i quali si annoverano i composti cancerogeni, sono stati pressoché assenti nel PTS nei mesi estivi e sono stati rilevati saltuariamente nei mesi invernali;

- considerando anche i dati del 2007 e 2008, è visibile un ciclo di crescita stagionale degli IPA con massimi nei mesi invernali. Un rialzo delle concentrazioni medie mensili degli IPA avviene anche in estate e probabilmente è anch'esso associabile all'incremento delle attività portuali;
- su base annuale, i valori medi degli IPA totali sono rimasti compresi tra i 3.4 ng/m³ di Bagni S.Agostino e i 5.8 ng/m³ di Parco Antonelli. La media annuale calcolata su tutti i dati delle quattro postazioni è risultata di 4.1 ng/m³. Rispetto agli anni precedenti, le concentrazioni annuali medie e mediane a Borgo Aurelia e Parco Antonelli sono diminuite, a Poggio Ombriccolo sono rimaste pressoché invariate mentre a Bagni S.Agostino sono ritornate ai bassi livelli del 2007.
- il **benzo(a)pirene**, l'unico IPA normato dalla legislazione italiana, è stato rilevato solo nel periodo invernale, peraltro a **bassa concentrazione e ben al di sotto del valore limite di 1 ng/m³**;

Deposizioni umide (*wet*):

- nel periodo preso in esame (gennaio – ottobre), complessivamente si sono avuti una ventina di eventi umidi settimanali. In luglio ed agosto non sono avvenute precipitazioni, che sono poi riprese a Settembre. La maggior parte degli eventi ha avuto **acidità** modesta ma in gennaio si sono avuti alcuni eventi nettamente acidi;
- per quanto riguarda i **metalli pesanti**, la maggiore deposizione si è avuta in gennaio e vi è stata una progressiva diminuzione fino a maggio. L'aumento delle loro deposizioni a giugno potrebbe essere stato dovuto alle prolungate piogge del mese. I metalli riscontrati a maggiore concentrazione sono stati Al e Zn che da soli costituiscono il 74-80% dei metalli totali depositati;
- l'andamento temporale delle deposizioni di **specie ioniche** (metalli alcalini terrosi, ammonio e anioni) è stato molto simile a quello dei metalli pesanti. Nelle piogge di Civitavecchia è molto accentuata la presenza di sali marini, NaCl in particolare, che su base annua rappresenta oltre il 40 % delle specie ioniche depositate;
- confrontando i ratei annuali di deposizione, in mg/m²/d, vi è stato un netto calo dei ratei dei metalli e delle specie ioniche rispetto a quelli del 2008;
- gli **IPA** sono stati riscontrati in concentrazioni molto modeste e ciò si è tradotto in deposizioni complessive annuali comprese tra 28 e 40 µg totali per m² a seconda della postazione, corrispondenti a ratei di deposizione di 93 – 133 ng/m²/d, valori equivalenti o addirittura inferiori a quelli del 2008.

Deposizioni secche (*dry*):

- il rateo di deposizione secca di particolato totale sedimentabile è rimasto compreso tra 21 e 42 mg/m²/d, molto simile ai valori degli anni precedenti;
- la frazione insolubile della deposizione secca contiene la maggior parte dei **metalli pesanti**. Per Mn, Ti, V e Zn si riscontrano significative quantità anche nella frazione lisciviabile. Al, Mn e Ni sembrano avere lo stesso andamento temporale e quindi questi metalli potrebbero avere la medesima sorgente. La somma della deposizione secca di Al, Ti e Zn costituisce il 94-97% dell'intera deposizione dei metalli pesanti. Rispetto alle annualità precedenti, nelle deposizioni secche è aumentata la presenza di cromo, mentre l'As non è stato mai rilevato, a differenza di quanto avvenuto nei precedenti periodi di monitoraggio. E' scomparsa anche la sistematicità delle deposizioni secche di Zn a Borgo Aurelia. Rispetto al 2007 e 2008, i ratei annuali di deposizione dei metalli pesanti del 2009 sono rimasti invariati a Borgo Aurelia, diminuiti a Bagni S.Agostino e aumentati a Parco Antonelli e Poggio Ombriccolo;
- la vicinanza del mare ha apportato una significativa deposizione secca di **spray marino**, costituito prevalentemente da cloruro di sodio che da solo conta per una deposizione pari a 850 – 1150 mg/m² all'anno. La postazione di Poggio Ombriccolo, la più lontana dal mare delle quattro, subisce anch'essa ingenti apporti di spray marino;
- è stata significativa anche la deposizione secca di Ca, Mg e K che contano per il 41-42% delle specie analizzate a Borgo Aurelia e Parco Antonelli e per il 25-28% nelle altre postazioni;
- le deposizioni secca totale di **IPA** è stata molto modesta ed è rimasta compresa tra 11 e 23 µg/m² annui a seconda della postazione (massime deposizioni a Parco Antonelli, minime a Poggio Ombriccolo);
- il particolato insolubile non caratterizzato ha rappresentato dal 56 al 71 % dell'intera deposizione secca di particolato sedimentabile totale.