



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

DIVISIONE GENERAZIONE ED ENERGY MANAGEMENT  
AREA DI BUSINESS GENERAZIONE  
UNITA' DI BUSINESS TORRE VALDALIGA NORD

00053 Civitavecchia (Roma) - Via Aurelia Nord, 32  
T +390766725111 - F +390766725431

PRO/AdB-GEN/PCA/UB-TV/EAS



Enel-PRO-20/05/2010-0020212



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e  
del Mare - Direzione Generale Valutazioni Ambientali

E.prot DVA - 2010 - 0013746 del 26/05/2010

<~~~~~>

Spett.le  
MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA  
TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE -  
DG Valutazioni Ambientali - Divisione II  
- Sistemi di Valutazione Ambientale -  
Divisione IV - Rischio Rilevante e AIA  
Via Cristoforo Colombo, 44  
00147 ROMA RM

<~~~~~>

Spett.le  
ISPRA - Istituto Superiore per la  
Protezione e la Ricerca Ambientale  
Via Vitaliano Brancati, 48  
00144 ROMA RM

<~~~~~>

Spett.le  
ARPA LAZIO - Sezione Provinciale di  
Roma  
Via Saredo, 52  
00173 ROMA RM

<~~~~~>

Spett.le  
REGIONE LAZIO - Direzione Ambiente e  
Cooperazione tra i Popoli - Osservatorio  
Ambientale  
Via Del Tintoretto, 432  
00142 ROMA RM

e p.c.

<~~~~~>

Spett.le  
ARPA LAZIO - Direzione Tecnica  
Via Boncompagni, 101  
00187 ROMA RM





L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

<~~~~~>

Spett.le  
MINISTERO DELLO SVILUPPO  
ECONOMICO - Dip per l'Energia - DG  
per l'Energia Nucleare, le Energie  
Rinnovabili e l'Efficienza Energetica -  
Divisione II - Produzione Elettrica  
Via Molise, 2  
00187 ROMA RM

<~~~~~>

Spett.le  
COMUNE CIVITAVECCHIA  
Piazzale Guglielmotti, 7  
00053 CIVITAVECCHIA RM

Oggetto: Centrale di Torrvaldaliga Nord - Adempimento alla prescrizione in merito alle "Campagne di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico" di cui al DEC n.55/02/2003. Report annuale di sintesi dei dati relativo al 2009.

Con riferimento a quanto prescritto nel decreto autorizzativo n.55/02/2003 e specificatamente all'allegato 2, art.2, al punto "Campagne di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico", si trasmette il Report annuale di sintesi dei dati analitici delle campagne di monitoraggio dei microinquinanti presso le postazioni di Parco Antonelli, Borgo Aurelia, Bagni Sant'Agostino e Poggio Ombriccolo, eseguite nel corso del 2009 in conformità al progetto approvato dal Ministero dell'ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con lettera prot.19682 del 24/07/2006, e secondo le intese con ARPA Lazio, dalla stessa formalizzate con comunicazione prot. 25210 del 16/10/2008.

Come indicato nel Decreto autorizzativo, il rapporto è anche finalizzato alla diffusione dei dati alla popolazione tramite l'Osservatorio Ambientale e previa validazione da parte degli Enti competenti.

Distinti saluti

**Ivano Ruggeri**  
UN PROCURATORE

Il presente documento costituisce una riproduzione integra e fedele dell'originale informatico, sottoscritto con firma digitale, disponibile a richiesta presso l'Unità emittente. La riproduzione su supporto cartaceo è effettuata da Enel Servizi.

Allegati: Rapporto ISMES B0010838

Copia a:

PRO/AdB-GEN/PCA/UB-TV/EAS  
Esercizio Ambiente e Safety

PRO/AT-SAI/AUT  
Autorizzazioni

Id. 5143999

**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 l'anno **2009**

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

**Note** Rev. 0 (AG09ATM016 - lettera di trasmissione n. B0012302)

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

**N. pagine** 108 **N. pagine fuori testo** 0

**Data** 04/05/2010

**Elaborato** ATM - Maspero Mario

**Verificato** ATM - Carboni Gabriele

**Approvato** AMB - Il Responsabile - Fiore Antonio

Divisione Ambiente e Territorio di **CESI** S.p.A.

Via R. Rubattino 54  
20134 Milano - Italia  
Telefono +39 022125.1  
Fax +39 0221255440  
www.cesi.it

Capitale sociale 8 550 000 Euro  
interamente versato  
Codice fiscale e numero  
iscrizione CCIAA 00793580150

Registro Imprese di Milano  
Sezione Ordinaria  
N. R.E.A. 429222  
P.I. IT00793580150

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PIANO DI MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....</b>	<b>4</b>
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
<b>3</b>	<b>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>8</b>
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 .....	17
3.2	Caratterizzazione chimica del particolato PM10.....	18
3.2.1	Metalli nel particolato PM10.....	18
3.2.1.1	Valori medi annuali di metalli nel PM10 .....	28
3.2.2	Specie ioniche nel particolato PM10.....	32
3.2.2.1	Valori medi annuali di specie ioniche .....	40
3.3	Risultati e valutazioni della determinazione di IPA nel particolato PTS e in fase vapore .....	42
3.3.1.1	Valori medi annuali .....	49
3.4	Deposizioni atmosferiche.....	54
3.4.1	Deposizioni atmosferiche umide .....	54
3.4.1.1	Metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide.....	56
3.4.1.2	Idrocarburi aromatici policiclici (IPA) nelle deposizioni umide .....	73
3.4.1.3	Composizione delle deposizioni umide .....	80
3.4.2	Deposizioni atmosferiche secche .....	81
3.4.2.1	Metalli e specie ioniche nelle deposizioni secche .....	81
3.4.2.2	Idrocarburi Aromatici policiclici (IPA) nelle deposizioni secche .....	95
3.4.2.3	Composizione e rateo della deposizione secca .....	100
3.4.3	Deposizioni totali da eventi umidi e secchi .....	103
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>106</b>

**STORIA DELLE REVISIONI**

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	04/05/2010	B0010838	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 viene quindi presentata una sintesi dei risultati dei monitoraggi ambientali condotti durante il 2009 nelle quattro postazioni ubicate nel comprensorio di Civitavecchia, che riguardano:

- le misure di concentrazione di particolato PM10;
- la determinazione di parametri chimici (metalli, specie ioniche, IPA) nel particolato;
- la determinazione di parametri chimici (metalli, specie ioniche, IPA) nelle deposizioni atmosferiche umide e nelle deposizioni secche.

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 analitici relativi alla caratterizzazione del particolato aerodisperso 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:

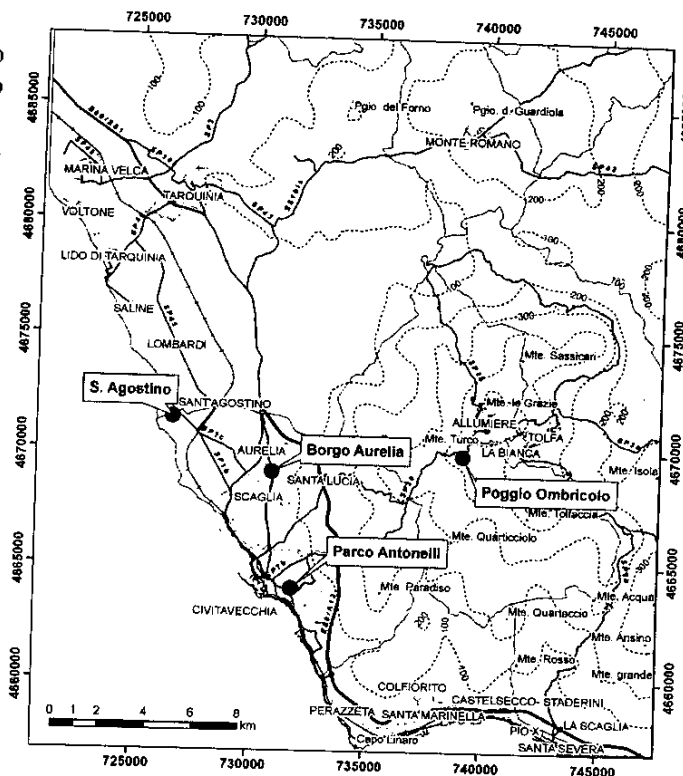
- **Borgo Aurelia**, presso la postazione n° 1 della RRQA;
- **Bagni S. Agostino**, presso la postazione n° 2 della RRQA;
- **Poggio Ombriccolo** Tolfa, presso la postazione n° 9 della RRQA;
- **Parco Antonelli**, presso la postazione ARPA Lazio.

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 determinazione di microinquinanti organici ed inorganici (metalli), di specie ioniche influenzanti l'acidità atmosferica e, relativamente alle sose 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 (v. par. 2.1).

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 <sup>(1)</sup>, 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:

<sup>1</sup> ARPALazio, prot. 0022188 del 02/11/2006

	<b>Parco Antonelli</b>	<b>Borgo Aurelia</b>	<b>Bagni S. Agostino</b>	<b>Poggio Ombriccolo</b>
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:

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

<b>Parametro</b>	<b>Particolato Totale</b>	<b>Particolato PM10</b>	<b>Deposizione secca</b>	<b>Deposizione umida</b>
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, NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e Cl<sup>-</sup> ;

- **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 <sub>4</sub> <sup>=</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> ) e secondo ISO 14911:1998 (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )
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 <sup>(2)</sup>.

### 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 poliuretanic (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.

<sup>2</sup> 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  $\mu\text{m}$  (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 microinquinanti 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<sup>2</sup> 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.

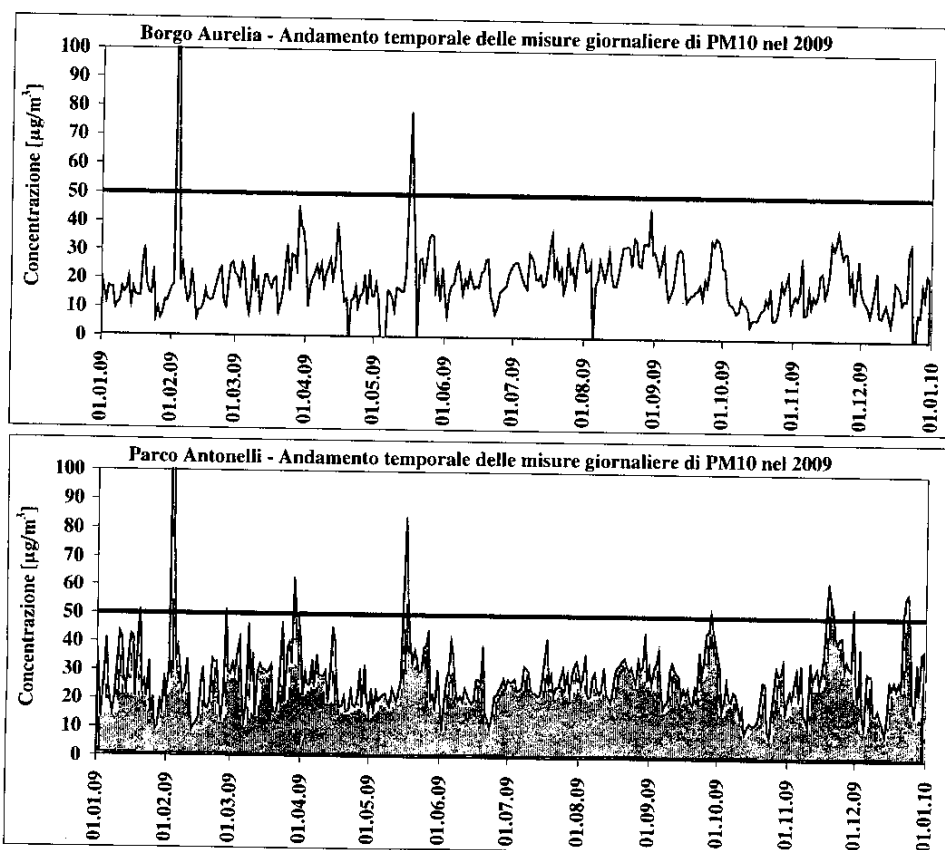
#### 3.1 Andamento delle concentrazioni di PM10

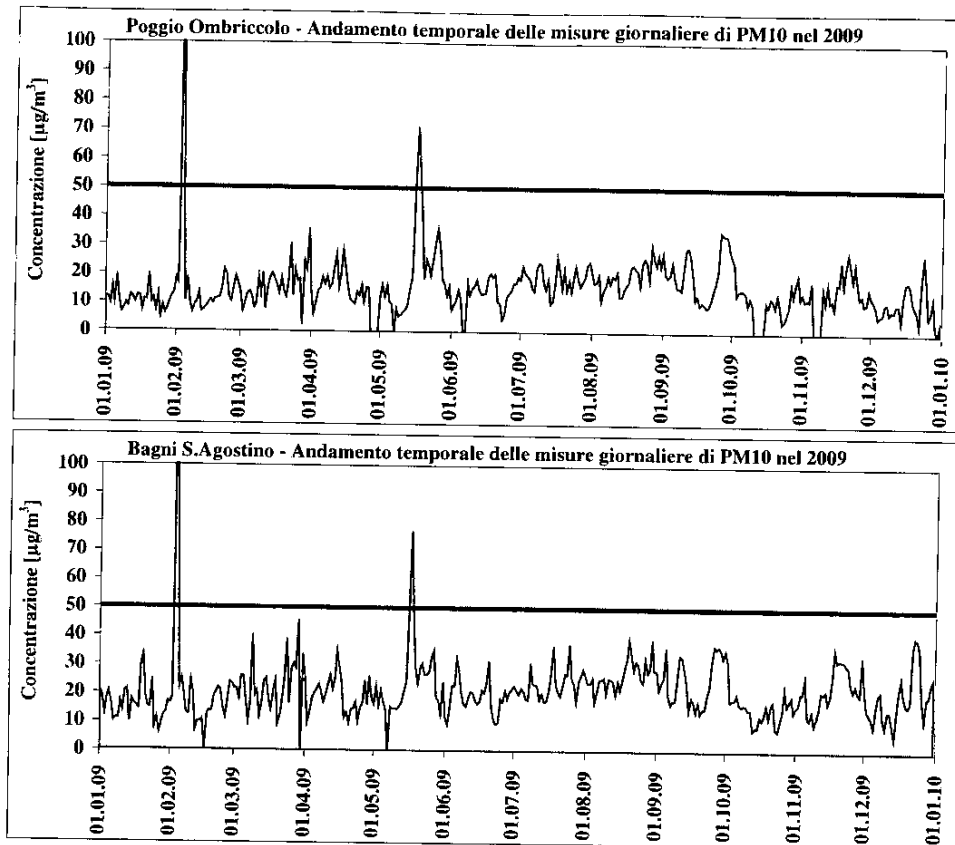
Nel periodo dal 1/1 al 31/12/09, nelle quattro postazioni sono stati raccolti oltre il 95 % dei campioni di PM10 previsti, come riportato nel prospetto che segue:

	<b>Borgo Aurelia</b>	<b>Parco Antonelli</b>	<b>Poggio Ombriccolo</b>	<b>Bagni S. Agostino</b>
N° valori giornalieri previsti	365	365	365	365
N° valori giornalieri sperimentali	357	365	348	362
% valori giornalieri sperimentali	98	100	95	99

Per tutte le postazioni è stato quindi pienamente rispettato il periodo di copertura di almeno il 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 5% di campioni non raccolti è in massima parte imputabile ad interruzioni della alimentazione elettrica.

Nelle figure che seguono sono mostrati gli andamenti giornalieri della concentrazione di PM10 nelle quattro postazioni. 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 evidenziano due periodi di inusuale elevata concentrazione di PM10, comuni a tutte le postazioni e avvenuti il 3-4/02 e 16-18/05. Solo nella postazione urbana di Parco Antonelli vi sono stati ulteriori episodi di superamenti del limite giornaliero tra il 18 e 21/11, il 30/11 e il 23-24/12. Nella tabella che segue sono riassunte le giornate in cui si sono verificati superamenti in almeno una delle 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, i dati non disponibili sono indicati con "-":

Data	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
20.01.09	31	51	20	34
03.02.09	<b>151</b>	<b>168</b>	<b>146</b>	<b>140</b>
04.02.09	<b>74</b>	<b>80</b>	48	<b>73</b>
27.02.09	25	<b>52</b>	19	24
29.03.09	46	<b>63</b>	25	46
16.05.09	<b>50</b>	<b>54</b>	49	47
17.05.09	<b>79</b>	<b>84</b>	<b>71</b>	<b>77</b>
18.05.09	<b>52</b>	<b>56</b>	<b>55</b>	47
28.09.09	36	<b>51</b>	34	37
18.11.09	35	<b>50</b>	26	36
19.11.09	32	<b>63</b>	17	32
20.11.09	34	<b>57</b>	24	33
21.11.09	39	<b>53</b>	28	32
30.11.09	29	<b>54</b>	16	34
23.12.09	34	<b>58</b>	17	41
24.12.09	-	<b>59</b>	28	40
<b>N. totale superi</b>	5	16	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 µg/m<sup>3</sup> rispetto alle altre postazioni. Infatti a Parco Antonelli nel corso dell'anno si sono avuti 16 superamenti della soglia giornaliera, contro i 3-5 superamenti registrati nelle altre postazioni.

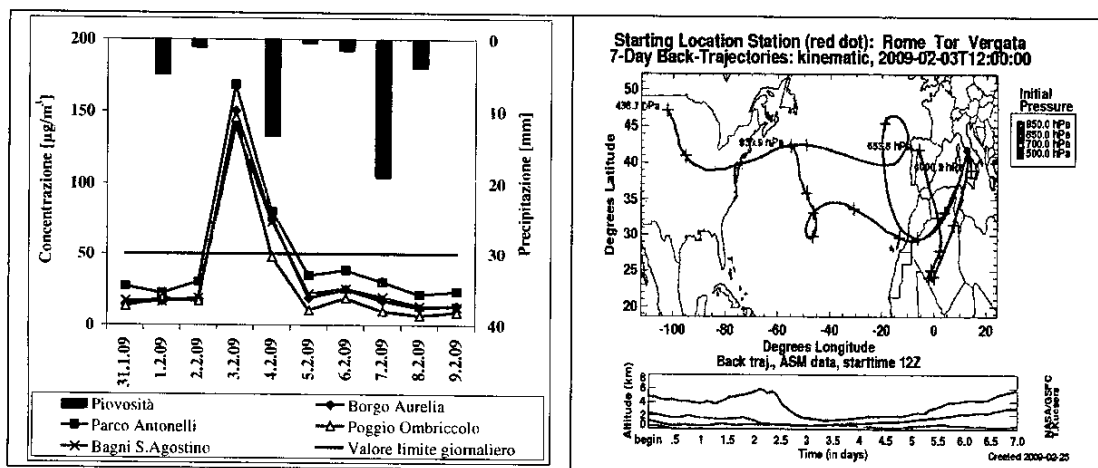
Nella tabella che segue, sono confrontati i numeri di superamenti avvenuti mensilmente nel 2009 in ciascuna postazione con quelli del 2008:

	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	0	2	5	1	0	1	0
Dicembre	0	0	4	2	0	0	0	0
<b>Totale anno</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

Dalla tabella precedente, risulta che il numero dei superamenti complessivi del 2009 è aumentato in ogni postazione rispetto al 2008 ma con sostanziali differenze nel periodo in cui sono avvenuti. Escludendo la postazione più urbanizzata di Parco Antonelli, per le altre postazioni i superamenti del 2009 si sono avuti tra febbraio e maggio mentre nel 2008 sono avvenuti tra settembre e dicembre. La postazione di Parco Antonelli ha avuto un andamento proprio e, in prima approssimazione, abbastanza ripetibile nelle due annualità considerate, in quanto i superamenti della soglia giornaliera sono avvenuti preferibilmente in inverno, quando le sorgenti locali hanno una maggiore influenza sul PM10.

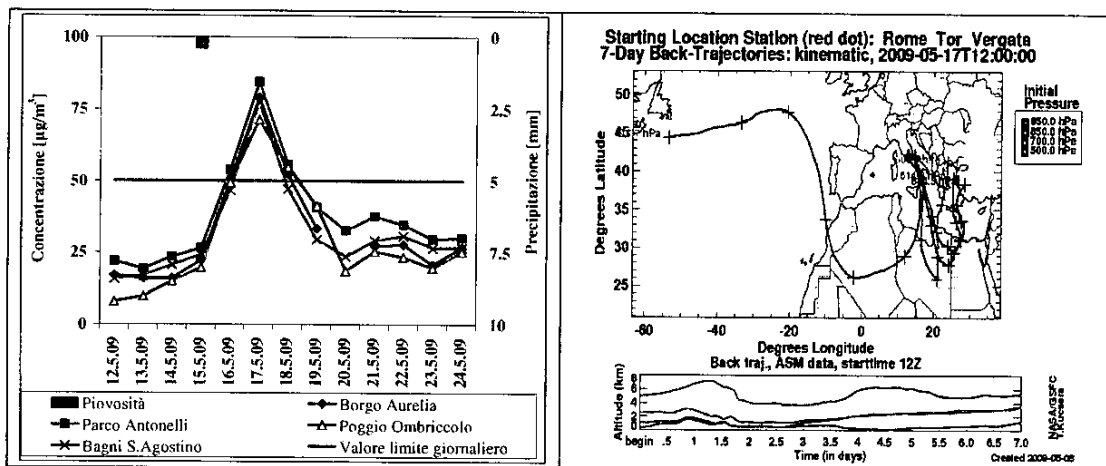
Da luglio a dicembre, non si sono avuti superamenti della soglia giornaliera a Borgo Aurelia, Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino. Superamenti si sono riscontrati tra settembre e dicembre solo a Parco Antonelli in cui, come fatto notare sopra, sono mesi in cui si sono avuti superamenti anche nel 2008. Come sopra introdotto, la maggior parte dei superamenti comuni a tutte le postazioni 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:



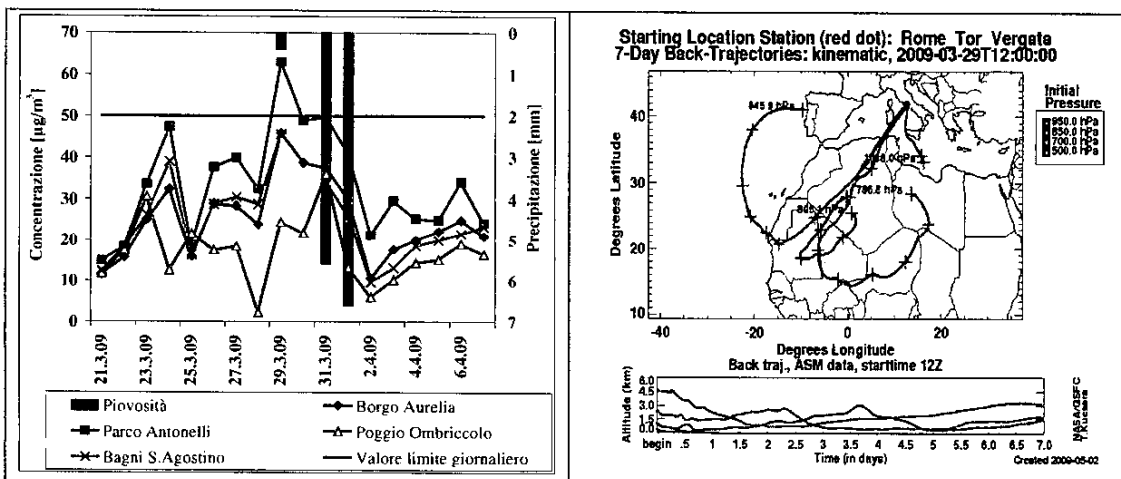
E' evidente che un fattore esterno deve aver influito sulla concentrazione del PM10 e, in effetti, l'esame delle *back trajectories* per i sette giorni precedenti il 03/02 (figura precedente di destra) evidenzia che masse d'aria provenienti dall'Atlantico sono transitate sull'Africa Occidentale e si sono quindi caricate di sabbie sahariane. Si tratterebbe quindi di un classico caso di apporto di sabbie del deserto sul comprensorio di Civitavecchia, evento che si verifica con elevata frequenza 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:



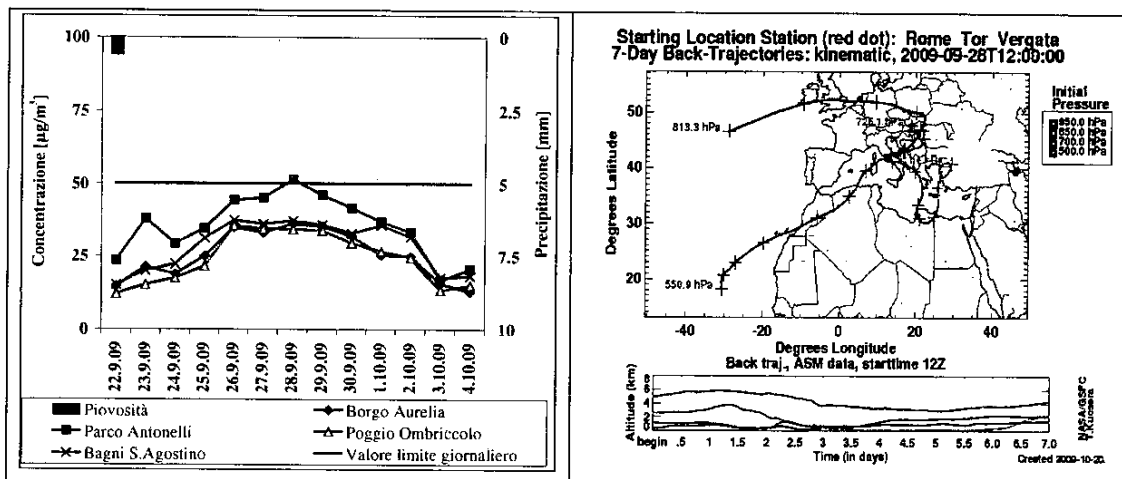
Da notare che i valori della concentrazione di PM10 sono molto omogenei tra le postazioni e anche in questo caso deve esserci stato un macro evento in grado di influire contemporaneamente sulla polverosità delle quattro postazioni. L'esame delle *back trajectories* delle masse d'aria per i sette giorni 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.



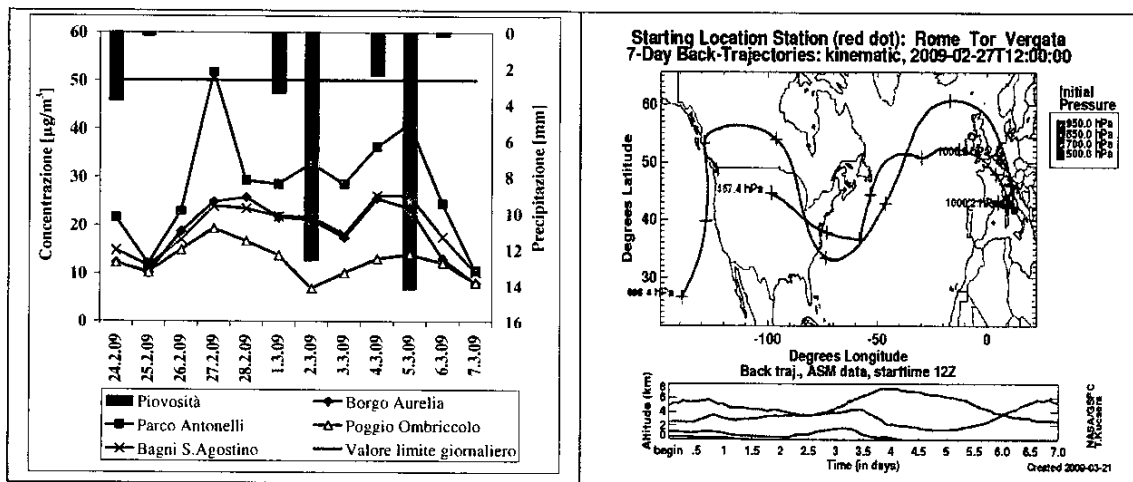
In questo caso, la quantità di polveri sahariane risollevate e trasportate non è stata particolarmente elevata. Solo a Parco Antonelli è avvenuto un superamento del valore limite a causa del livello più elevato di PM10 del giorno precedente, cui si sono sommati i 20 -30 µg/m<sup>3</sup> di polveri sahariane apportate. Le precipitazioni dei giorni successivi (31/03 e 01/04) hanno sicuramente contribuito a ridurre la polverosità atmosferica nei giorni seguenti.

Anche il superamento del 28 settembre a Parco Antonelli (v. figura sotto a sinistra) potrebbe essere attribuito in parte 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:



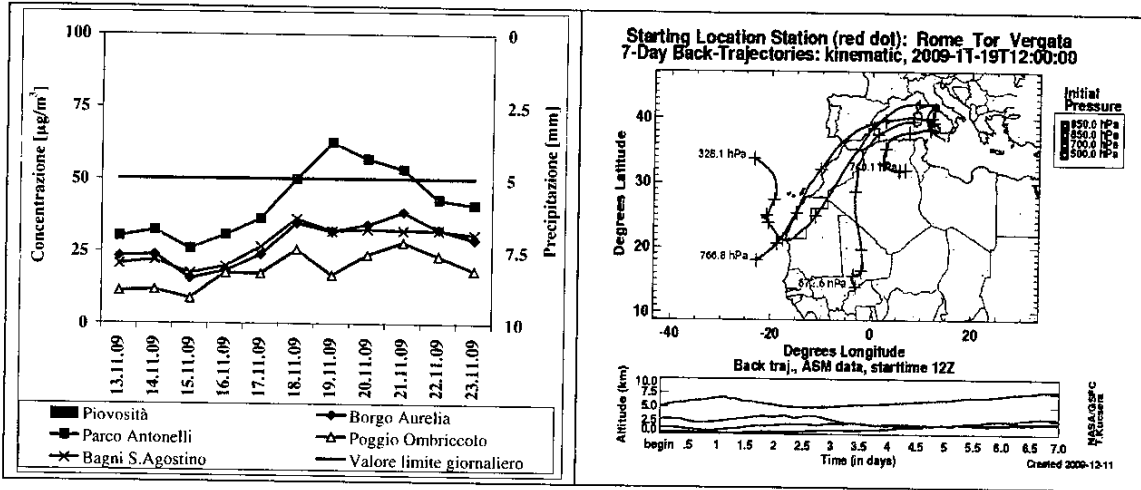
Da quanto sopra esposto, si può desumere che tutti i superamenti del valore limite giornaliero di PM10 avvenuti a Borgo Aurelia, Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino e almeno sei dei nove superamenti di Parco Antonelli potrebbero essere stati influenzati da cause naturali che si sono sommate alle emissioni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

In novembre vi sono stati 4 giorni consecutivi di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> solo nella postazione di Parco Antonelli, come evidenziato nella figura che segue di sinistra. Anche in questo caso, l'analisi delle traiettorie farebbe pensare ad un apporto esterno di PM10, in quanto le masse d'aria sono transitate nei giorni precedenti sull'Africa (figura seguente di destra), ma hanno quasi sicuramente concorso anche altri fattori locali dato che l'incremento di polverosità nelle altre postazioni non è stato così significativo come a Parco Antonelli.



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.

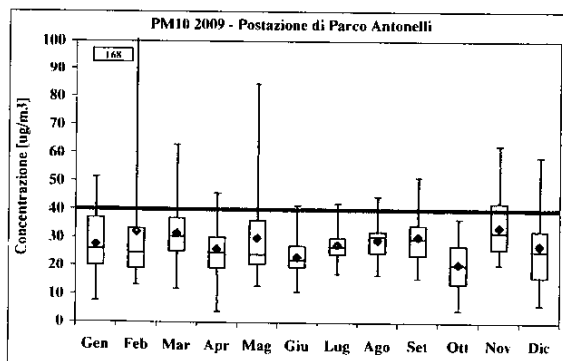
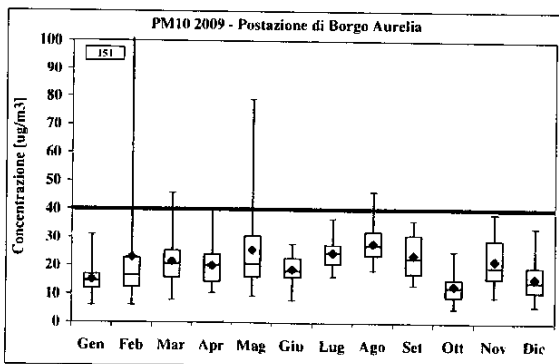
### 3.1.1 Valori medi mensili di PM10

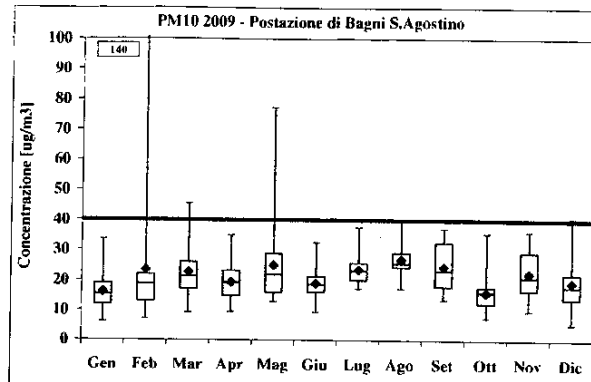
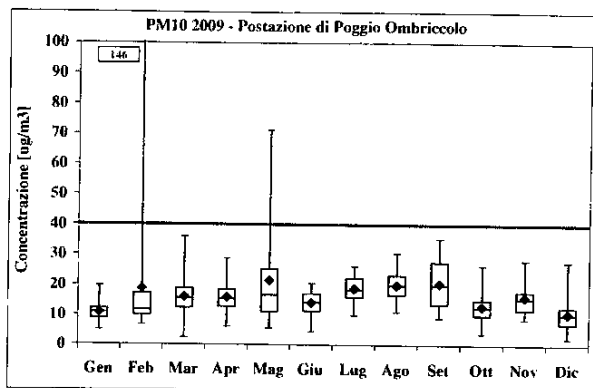
Nelle figure che seguono, per ciascuna postazione sono stati riassunti in forma grafica i dati mensili di concentrazione di PM10, utilizzando la rappresentazione a "box-and-whisker plot" che consente di confrontare set di dati diversi e visualizzare la dispersione e le asimmetrie di ciascun set di dati.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

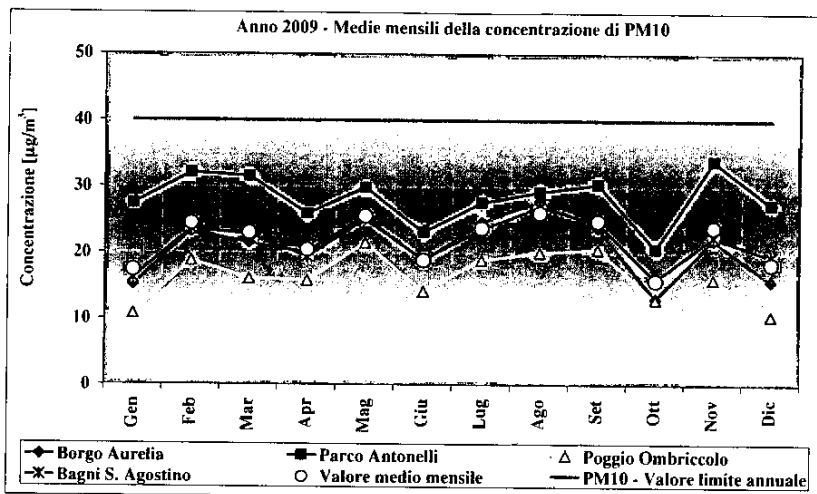
- in tutte le postazioni nei mesi di febbraio e maggio, la distribuzione dei dati è stata fortemente influenzata dagli episodi di elevata polverosità giornaliera descritti in precedenza. Pertanto, la media è di molto maggiore della mediana e la curva di distribuzione dei dati ha una forma fortemente 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 a dicembre, si riscontra un generale rialzo della polverosità nel periodo estivo e nel mese di novembre.

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").

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino	Tutte le postazioni
Gennaio	15 ± 5	27 ± 11	11 ± 3	16 ± 6	17 ± 9
Febbraio	23 ± 28	32 ± 30	19 ± 26	24 ± 26	24 ± 28
Marzo	21 ± 9	32 ± 12	16 ± 7	23 ± 9	23 ± 11
Aprile	20 ± 7	26 ± 8	16 ± 5	19 ± 6	20 ± 8
Maggio	26 ± 15	30 ± 15	21 ± 16	25 ± 13	26 ± 15
Giugno	19 ± 5	23 ± 7	14 ± 4	19 ± 6	19 ± 6
Luglio	25 ± 5	28 ± 5	19 ± 4	24 ± 5	24 ± 6
Agosto	28 ± 6	29 ± 6	20 ± 5	27 ± 5	26 ± 6
Settembre	24 ± 7	30 ± 9	20 ± 8	25 ± 8	25 ± 9
Ottobre	13 ± 5	21 ± 8	13 ± 5	16 ± 6	16 ± 7
Novembre	22 ± 8	34 ± 13	16 ± 5	22 ± 7	24 ± 11
Dicembre	16 ± 7	27 ± 13	11 ± 6	19 ± 9	18 ± 11



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:

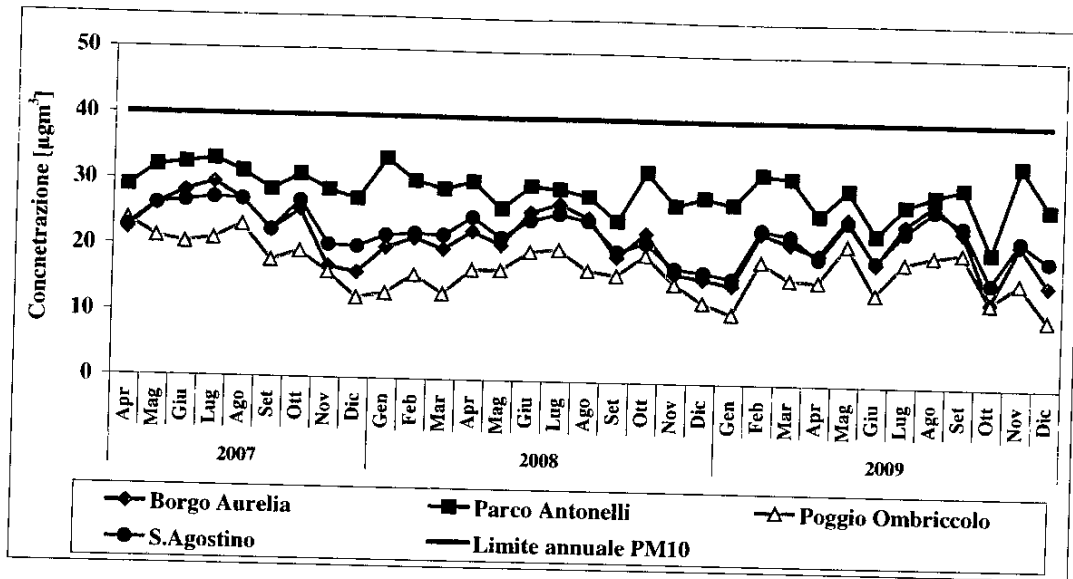
- l'andamento temporale della variazione della concentrazione media mensile di PM10 nelle quattro postazioni è molto simile, indice di una sostanziale uniformità di sorgenti influenzanti il PM10;
- la maggiore polverosità su base mensile si riscontra costantemente nella postazione di Parco Antonelli, 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 Borgo Aurelia e 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 compresi 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 (Ott)	21 (Ott)	11 (Gen)	16 (Ott)
Massimo	28 (Ago)	34 (Nov)	22 (Mag)	27 (Ago)
Delta Max - Min	15	13	11	11

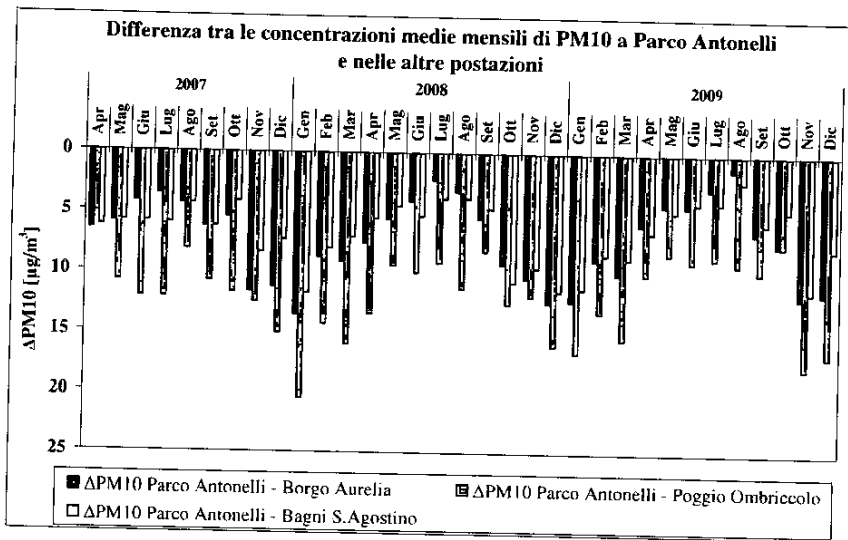
L'ampiezza della escursione dei valori di concentrazione tra minima e massima polverosità media mensile è stata dunque di circa  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nelle postazioni di Parco Antonelli e Poggio Ombriccolo, di  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a Bagni S. Agostino e di circa  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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 sono avvenuti ad agosto nelle postazioni di Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino, in ottobre a Parco Antonelli e in maggio a Poggio Ombriccolo.

Nella figura è riassunto l'andamento della media mensile di PM10 nell'intero periodo di monitoraggio (tre annualità da apr. 2007 a dic. 2009):



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 minimi 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 fatto risaltare 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:



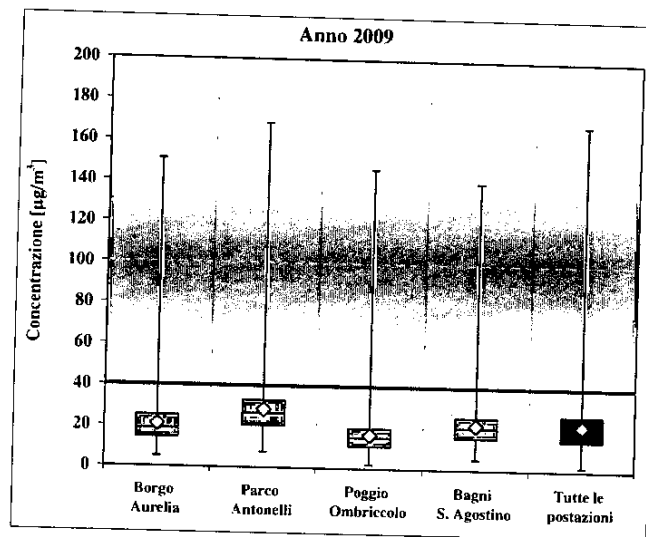
Appare evidente l'andamento stagionale di tale differenza che risulta massima nei mesi invernali e tende ai minimi nei mesi estivi. Ciò è dovuto non tanto ad un sostanziale aumento della concentrazione del PM10 a Parco Antonelli nei mesi invernali, ma alla diminuzione della sua concentrazione nelle altre postazioni. Allo stesso modo, in estate la diminuzione dell'entità del "ΔPM10" è dovuto all'aumento della polverosità nelle altre postazioni rispetto ai livelli dei mesi invernali. Le differenze massime 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 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	20.9	28.2	16.4	21.5	21.8
Dev. Stand.	11.5	13.2	10.5	10.7	12.2
Minimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	5.1	7.6	2.1	5.3	2.1
Massimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	150.5	168.4	145.9	139.8	168.4
Mediana ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	18.7	26.4	15.0	20.4	19.9
25° percentile	14.3	20.5	10.8	15.7	14.5
50° percentile	18.7	26.4	15.0	20.4	19.9
75° percentile	25.1	32.8	19.5	25.4	26.6
95° percentile	34.8	48.6	29.2	36.2	39.5

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, la massima polverosità media si è riscontrata ancora nella postazione urbana di Parco Antonelli ( $28.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), la minima nella postazione rurale di Poggio Ombriccolo ( $16.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). 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  $20.9$  e  $21.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La polverosità media annuale dell'intero comprensorio risulta essere di  $21.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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 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.

La polverosità del 2009, sia riferita alle singole 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	$24.0 \pm 10.6$	$30.5 \pm 11.8$	$19.3 \pm 8.4$	$24.5 \pm 12.2$	$24.5 \pm 11.5$
2008	$21.5 \pm 8.5$	$29.1 \pm 10.6$	$16.4 \pm 7.2$	$21.9 \pm 8.4$	$22.4 \pm 9.9$
2009	$20.9 \pm 11.5$	$28.2 \pm 13.2$	$16.4 \pm 10.5$	$21.5 \pm 10.7$	$21.8 \pm 12.2$

### 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<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e Cl<sup>-</sup>

Nei paragrafi seguenti, sono riassunti i valori medi di metalli e specie ioniche riscontrate nel particolato PM10 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 <sup>(3)</sup>, 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 rilevati in ciascuna delle postazioni di misura nel 2009 sono riportati nella tabelle che seguono.

<sup>3</sup> A cura di E. Menichini e G. Viviano: "Trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità 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.
Su [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	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	1.02 ± 0.59	1.25 ± 0.75
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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.021 ± 0.008	0.010 ± 0.001	0.011 ± 0.009	0.006 ± 0.003	0.003 ± 0.002	0.005 ± 0.007
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004 ± n.c.	0.014 ± 0.007	0.020 ± 0.016	0.007 ± 0.007	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± 0.0001	0.0001 ± 0.0001	0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	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	0.003 ± 0.002	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	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± 0.001	0.003 ± 0.002	0.006 ± 0.005	0.005 ± 0.008	0.004 ± 0.003	0.003 ± 0.002
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.	0.0006 ± 0.0005	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 ± 0.001	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.
Su [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.024 ± 0.048	0.125 ± 0.019	0.099 ± 0.012	0.023 ± 0.030	0.023 ± 0.013	0.017 ± 0.009
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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.095 ± 2.183	0.091 ± 1.516	0.077 ± 4.738	0.138 ± 1.598	0.036 ± 0.014	0.036 ± 0.033

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	0.76 ± 0.69	1.10 ± 0.87
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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.019 ± 0.010	0.010 ± 0.002	0.012 ± 0.003	0.007 ± 0.004	0.012 ± 0.007	0.006 ± 0.007
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.012 ± 0.007	0.015 ± 0.006	0.012 ± 0.011	0.024 ± 0.020	0.011 ± 0.007	0.012 ± 0.008
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	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	0.007 ± 0.004	0.006 ± 0.002
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.015 ± 0.010	0.005 ± 0.003	0.002 ± n.c.	0.004 ± 0.003	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.005 ± 0.005	0.004 ± 0.003	0.004 ± 0.004	0.004 ± 0.002
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.	0.0005 ± 0.0003	0.0004 ± n.c.	0.0013 ± 0.0019	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.	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.002 ± 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.	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	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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.194 ± 0.095	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.045 ± 0.042	0.004 ± n.c.	0.052 ± 0.037
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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.072 ± 2.18	0.356 ± 1.26	0.117 ± 3.61	0.142 ± 1.57	0.047 ± 1.64	0.031 ± 1.62

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 ± 0.88	0.05 ± n.c.	0.05 ± n.c.	0.05 ± n.c.	0.79 ± 0.32	1.02 ± 0.74
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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.009 ± 0.005	0.003 ± 0.002	0.005 ± 0.004	0.009 ± 0.006	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004 ± n.c.	0.017 ± 0.012	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.011 ± 0.008	0.010 ± 0.002
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 ± 0.0001
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004 ± 0.003	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.004 ± 0.002	0.005 ± 0.004	0.008 ± 0.010
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.004 ± 0.002	0.004 ± 0.004
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.003	0.002 ± 0.002	0.004 ± 0.004	0.002 ± 0.001	0.003 ± 0.000	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.	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.	0.014 ± 0.022	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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± n.c.	0.003 ± 0.002	0.002 ± n.c.	0.130 ± 0.221	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.	0.009 ± 0.004	0.009 ± 0.008	0.024 ± 0.035	0.004 ± n.c.	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 ± 1.19	0.023 ± 0.61	0.022 ± 0.98	0.004 ± 1.46	0.153 ± 0.28	0.050 ± 0.88

Postazione di Poggio Ombriccolo						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.26 ± 0.22	1.65 ± 2.27	0.39 ± 0.40	0.06 ± n.c.	0.55 ± 0.18	0.14 ± 0.02
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.002	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.005 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± 0.0001	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± 0.0002	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0005 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± 0.0002	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0005 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.008 ± 0.007	0.002 ± n.c.	0.004 ± 0.003	0.010 ± n.c.	0.009 ± 0.009	0.002 ± n.c.
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.002	0.013 ± 0.001	0.004 ± n.c.	0.005 ± n.c.	0.004 ± n.c.	0.004 ± n.c.
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0000 ± 0.0000	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.012 ± 0.001	0.007 ± 0.006	0.003 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.001	0.004 ± 0.002	0.003 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± 0.002	0.012 ± 0.010	0.004 ± 0.006	0.001 ± n.c.	0.002 ± 0.002	0.001 ± n.c.
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0007 ± 0.0006	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0013 ± n.c.	0.0010 ± n.c.	0.0010 ± n.c.
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± 0.0002	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0005 ± n.c.	0.0004 ± n.c.	0.0004 ± n.c.
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± 0.0001	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.008 ± 0.007	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.015 ± n.c.	0.012 ± n.c.	0.012 ± n.c.
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.003 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.003 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.002	0.057 ± 0.076	0.085 ± 0.015	0.005 ± n.c.	0.008 ± 0.007	0.022 ± 0.015
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.	0.001 ± n.c.
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.01 ± 0.01	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.03 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 1.67	0.516 ± 5.96	0.414 ± 6.06	0.097 ± n.c.	0.030 ± 0.02	0.004 ± n.c.

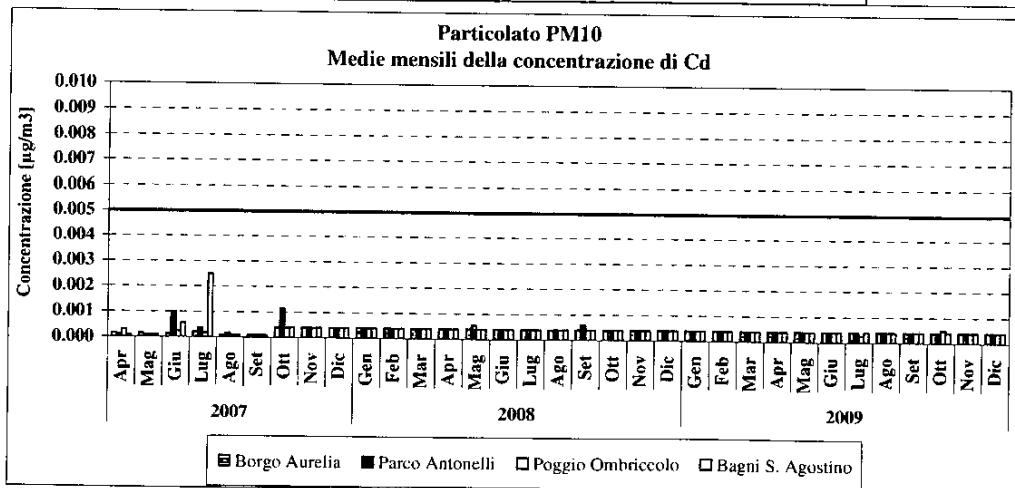
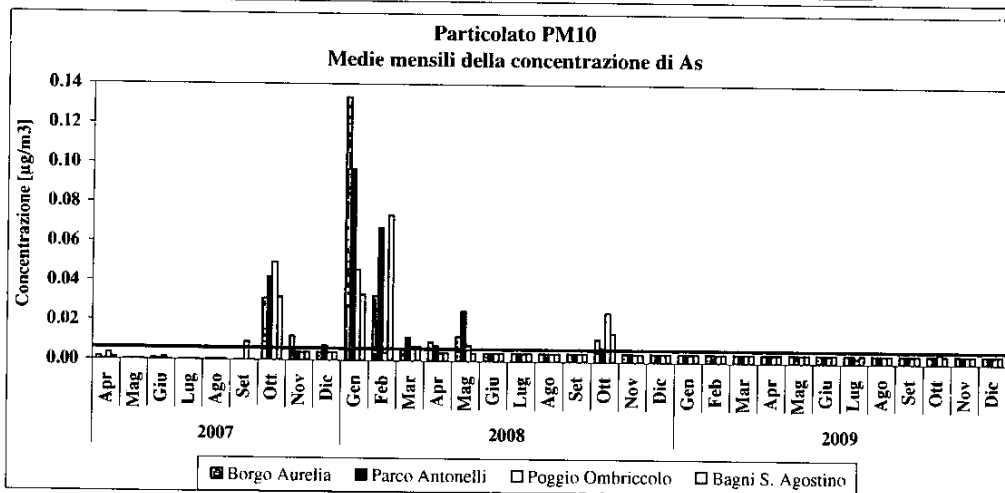
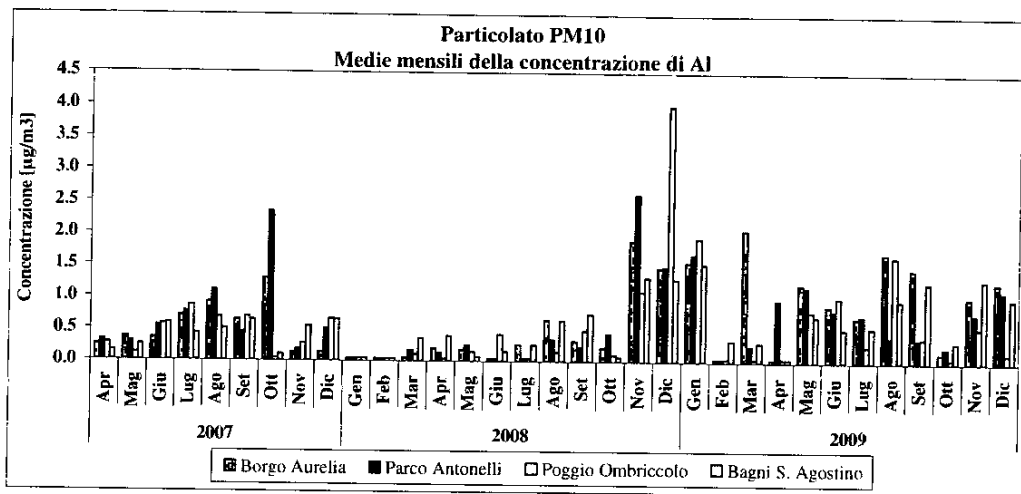
Le concentrazioni mensili di metalli nel particolato PM10 della postazione di **Bagni S. Agostino** sono riportate nella tabella seguente:

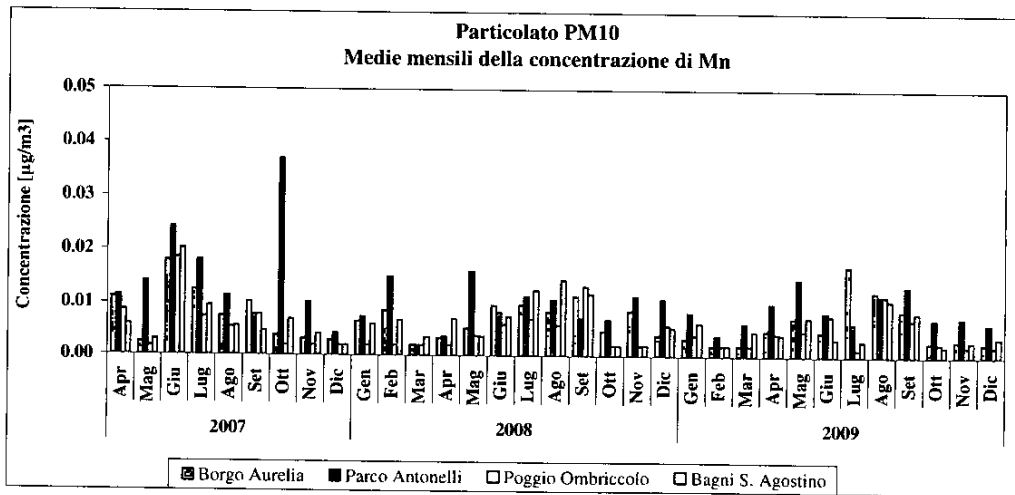
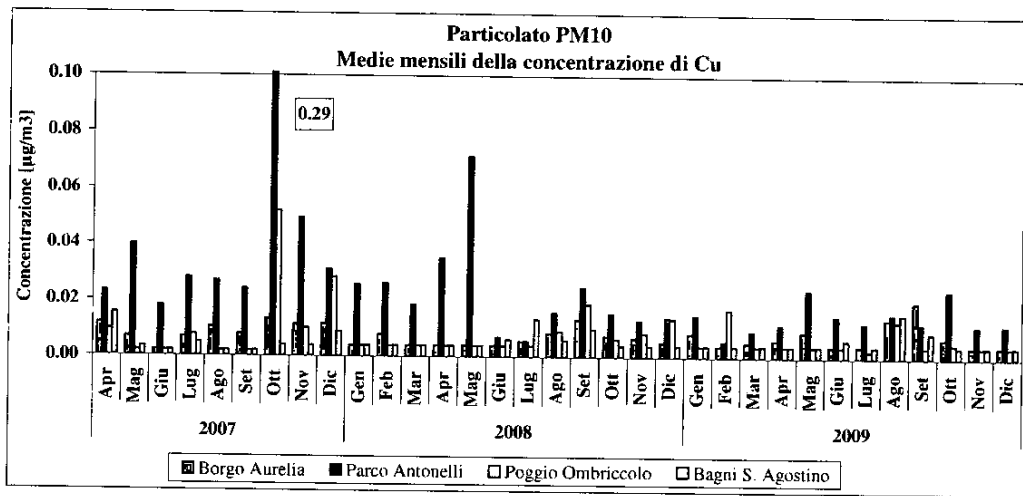
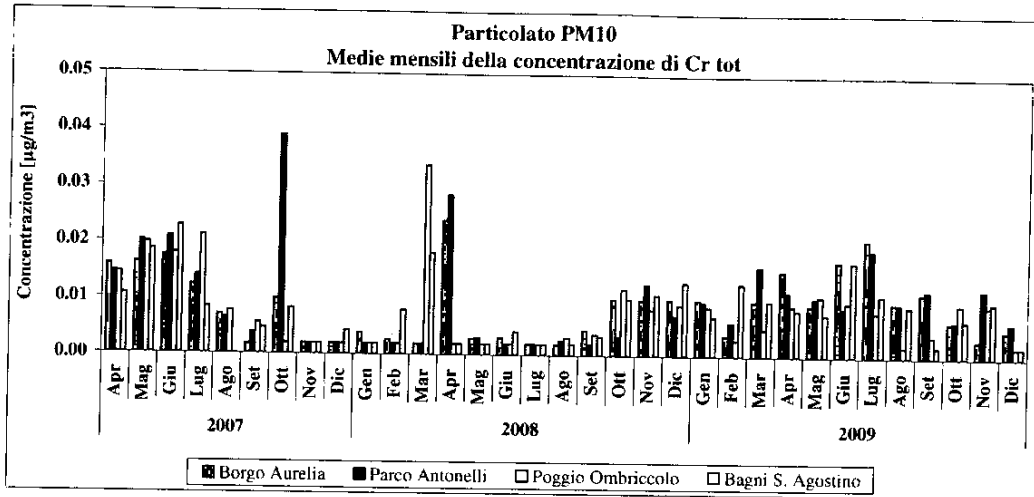
Postazione di Bagni S. Agostino						
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.52 $\pm$ 1.09	0.34 $\pm$ 0.31	0.30 $\pm$ 0.35	0.05 $\pm$ n.c.	0.71 $\pm$ 0.64	0.52 $\pm$ 0.41
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004 $\pm$ n.c.	0.004 $\pm$ n.c.	0.004 $\pm$ n.c.	0.004 $\pm$ 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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.007 $\pm$ 0.002	0.013 $\pm$ 0.002	0.010 $\pm$ 0.004	0.008 $\pm$ 0.006	0.008 $\pm$ 0.008	0.017 $\pm$ 0.010
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	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.	0.006 $\pm$ 0.004
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 $\pm$ n.c.
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.006 $\pm$ 0.006	0.002 $\pm$ n.c.	0.005 $\pm$ 0.004	0.004 $\pm$ 0.004	0.007 $\pm$ 0.008	0.003 $\pm$ 0.002
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004 $\pm$ 0.003	0.002 $\pm$ n.c.	0.002 $\pm$ n.c.	0.002 $\pm$ n.c.	0.015 $\pm$ 0.002	0.014 $\pm$ 0.011
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004 $\pm$ 0.004	0.002 $\pm$ 0.002	0.002 $\pm$ 0.001	0.003 $\pm$ 0.002	0.002 $\pm$ 0.001	0.001 $\pm$ 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.	0.002 $\pm$ 0.002	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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004 $\pm$ 0.003	0.002 $\pm$ n.c.	0.002 $\pm$ n.c.	0.024 $\pm$ 0.038	0.002 $\pm$ n.c.	0.005 $\pm$ 0.005
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.	0.007 $\pm$ 0.005	0.019 $\pm$ 0.006	0.021 $\pm$ 0.002	0.028 $\pm$ 0.034	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 $\pm$ 2.02	0.025 $\pm$ 0.64	0.007 $\pm$ 0.37	0.004 $\pm$ 1.71	0.173 $\pm$ 0.15	0.151 $\pm$ 1.60

Postazione di Bagni S. Agostino						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.54 $\pm$ 0.09	0.97 $\pm$ 0.38	1.25 $\pm$ 1.13	0.32 $\pm$ 0.38	1.29 $\pm$ 0.94	0.99 $\pm$ 0.14
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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.011 $\pm$ 0.005	0.009 $\pm$ 0.001	0.002 $\pm$ n.c.	0.007 $\pm$ 0.001	0.010 $\pm$ 0.014	0.002 $\pm$ n.c.
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004 $\pm$ n.c.	0.015 $\pm$ 0.001	0.009 $\pm$ 0.009	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 $\pm$ 0.0001	0.0001 $\pm$ n.c.	0.0001 $\pm$ n.c.	0.0001 $\pm$ n.c.	0.0001 $\pm$ n.c.
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 $\pm$ 0.002	0.011 $\pm$ 0.003	0.008 $\pm$ 0.006	0.002 $\pm$ n.c.	0.003 $\pm$ 0.002	0.004 $\pm$ 0.002
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 $\pm$ n.c.	0.014 $\pm$ 0.007	0.003 $\pm$ 0.003	0.002 $\pm$ n.c.	0.002 $\pm$ n.c.	0.002 $\pm$ n.c.
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 $\pm$ 0.001	0.002 $\pm$ 0.002	0.007 $\pm$ 0.005	0.002 $\pm$ 0.001	0.003 $\pm$ 0.002	0.001 $\pm$ n.c.
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.	0.002 $\pm$ 0.001	0.001 $\pm$ n.c.	0.001 $\pm$ n.c.	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.	0.002 $\pm$ n.c.	0.002 $\pm$ n.c.	0.002 $\pm$ n.c.	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.	0.100 $\pm$ 0.013	0.107 $\pm$ 0.012	0.007 $\pm$ 0.004	0.018 $\pm$ 0.003	0.015 $\pm$ 0.016
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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.112 $\pm$ 2.53	0.030 $\pm$ 1.22	0.766 $\pm$ 5.27	0.086 $\pm$ 1.08	0.060 $\pm$ 0.03	0.023 $\pm$ 0.03

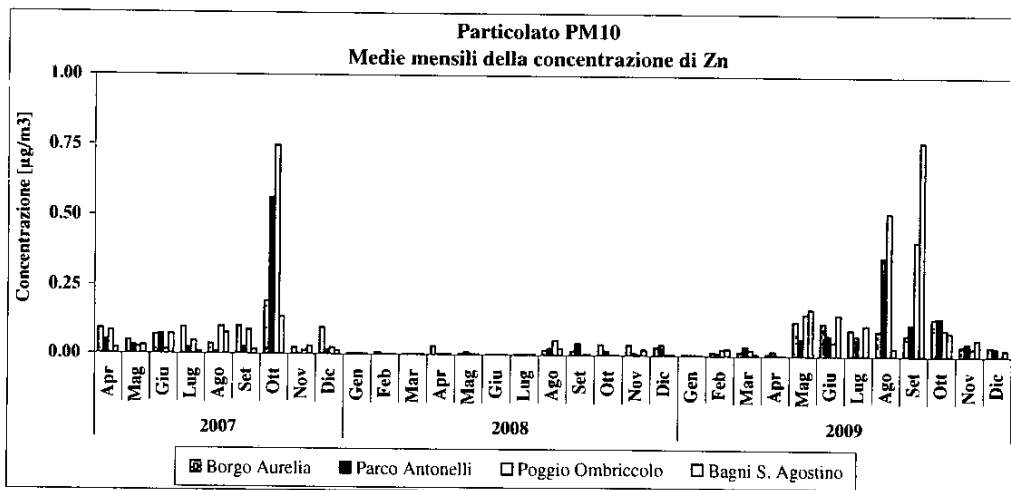
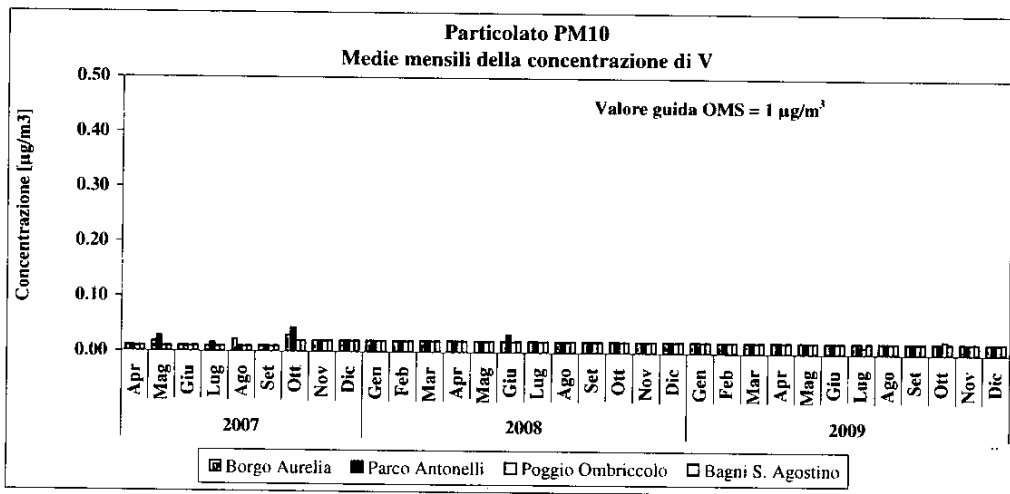
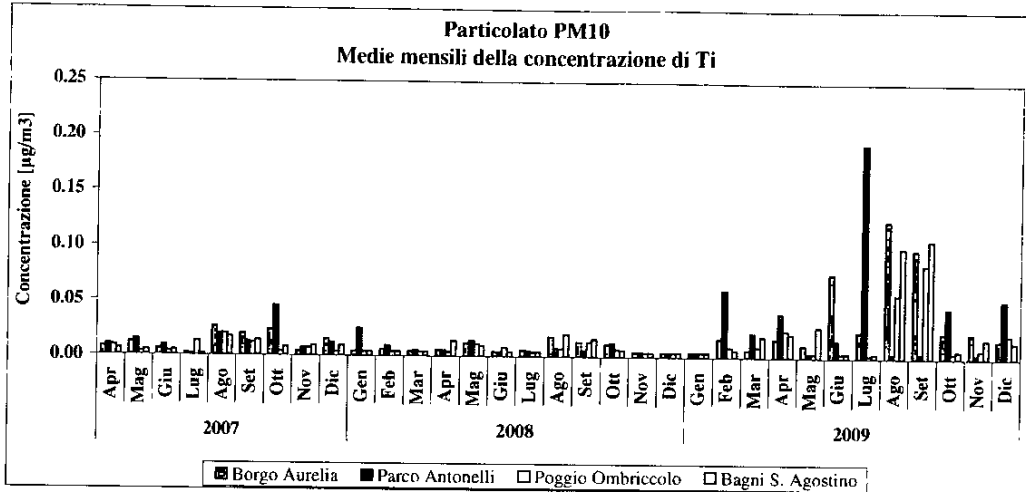


Nelle successive figure, le concentrazioni medie mensili del 2009 per alcuni dei metalli rilevati nel particolato PM10 sono confrontate con quelle riscontrate mensilmente nel 2007 e 2008. Per i metalli per cui esiste un valore limite o un valore guida della normativa italiana, nel grafico è riportata 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. Da settembre a dicembre, sembra instaurarsi una tendenza alla diminuzione della concentrazione di Al, verso valori molto simili a quelli dello stesso periodo dell'anno precedente. 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;
- 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 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, Parco Antonelli e Bagni S. Agostino. A Poggio Ombriccolo, il Cd è stato rilevato in circa il 4% dei campioni. Nelle sue linee generali, 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. Nel PM10, rispetto agli anni precedenti, è stato sempre rilevato;
- la concentrazione di **Rame** (Cu) anche nel 2009 è stata frequentemente maggiore nella postazione urbana di Parco Antonelli rispetto a quella delle altre postazioni. In letteratura, la presenza contemporanea di Cu e **Antimonio** (Sb) nel particolato fine urbano è stata associata all'usura degli apparati frenanti degli autoveicoli<sup>(4,5)</sup>, 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 rilevato più frequentemente 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

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

<sup>5</sup> 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 delle concentrazioni di **Titanio (Ti)** da gennaio a settembre. Da ottobre a dicembre i valori di concentrazione sono ritornati ad essere simili a quelli riscontrati normalmente nel comprensorio di Civitavecchia, caratterizzati da frequenti variazioni elevate di concentrazione da un mese all'altro nella stessa postazione. Dato che il Ti viene normalmente associato alle polveri di origine crustale, ciò potrebbe riflettere influenze terrigene sul PM10;
  - le concentrazioni medie mensili dello **Zinco (Zn)** sono state più elevate di quelle riscontrate nel 2008 ma il loro andamento sembra più simile a quello riscontrato nel 2007 piuttosto che a quelle del 2008 e, inoltre, sembrano esservi analogie con agli andamenti osservati per il 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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.00	1.43	61	43	70	0.60	0.05	1.29	0.05	8.80
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.010	0.0076	61	47	77	0.009	0.005	0.015	0.002	0.033
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.007	n.c.	61	18	30	0.004	0.004	0.010	0.004	0.046
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.00007	n.c.	61	8	13	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.006	n.c.	61	25	41	0.002	0.002	0.007	0.002	0.081
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.005	n.c.	61	18	30	0.002	0.002	0.006	0.002	0.022
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003	0.003	61	37	61	0.003	0.001	0.004	0.001	0.019
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0010	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004	n.c.	61	1	2	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001	n.c.	61	1	2	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.012	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003	n.c.	61	3	5	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.036	0.0482	61	37	61	0.013	0.004	0.045	0.004	0.229
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.02	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.063	0.08	61	41	67	0.037	0.004	0.097	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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.71	0.79	61	44	72	0.55	0.05	0.93	0.05	4.61
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.011	0.0068	61	51	84	0.010	0.007	0.013	0.002	0.031
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.014	0.010	61	42	69	0.012	0.004	0.020	0.004	0.055
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.00005	n.c.	61	3	5	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.009	0.005	61	51	84	0.008	0.006	0.011	0.002	0.021
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.005	n.c.	61	24	39	0.002	0.002	0.007	0.002	0.027
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004	0.003	61	45	74	0.004	0.001	0.005	0.001	0.014
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0010	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0005	n.c.	61	2	3	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002	n.c.	61	1	2	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002	n.c.	61	19	31	0.001	0.001	0.003	0.001	0.034
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.012	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.006	n.c.	61	9	15	0.002	0.002	0.002	0.002	0.156
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.040	n.c.	61	27	44	0.004	0.004	0.038	0.004	0.255
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.02	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.080	0.11	61	48	79	0.045	0.018	0.092	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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.58	0.80	28	18	64	0.31	0.05	0.71	0.05	3.26
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004	n.c.	28	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002	n.c.	28	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004	n.c.	28	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004	n.c.	28	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.007	0.0051	28	17	61	0.006	0.002	0.012	0.002	0.020
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.006	n.c.	28	5	18	0.004	0.004	0.004	0.004	0.026
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.00005	n.c.	28	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004	n.c.	28	10	36	0.002	0.002	0.006	0.002	0.019
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003	n.c.	28	7	25	0.002	0.002	0.002	0.002	0.008
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003	0.004	28	16	57	0.003	0.001	0.004	0.001	0.019
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0010	n.c.	28	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004	n.c.	28	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002	n.c.	28	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002	n.c.	28	2	7	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.012	n.c.	28	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.016	n.c.	28	3	11	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002	n.c.	28	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.021	n.c.	28	12	43	0.004	0.004	0.015	0.004	0.111
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001	n.c.	28	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.02	n.c.	28	1	4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.110	0.20	28	14	50	0.007	0.004	0.138	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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.72	0.67	30	23	77	0.64	0.27	0.81	0.05	2.54
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.009	0.0067	30	21	70	0.008	0.002	0.013	0.002	0.026
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.005	n.c.	30	4	13	0.004	0.004	0.004	0.004	0.019
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.00005	n.c.	30	1	3	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.005	n.c.	30	12	40	0.002	0.002	0.007	0.002	0.013
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.005	n.c.	30	8	27	0.002	0.002	0.005	0.002	0.024
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003	n.c.	30	14	47	0.001	0.001	0.004	0.001	0.010
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0010	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001	n.c.	30	2	7	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.012	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.005	n.c.	30	3	10	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.028	0.037	30	17	57	0.013	0.004	0.023	0.004	0.119
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.02	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.133	0.25	30	22	73	0.047	0.005	0.111	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. I valori sono stati calcolati mediando tutti i corrispondenti valori delle quattro postazioni. 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 <sup>3</sup>	6	6	17	4
Cd -Cadmio nel PM10	Anno	Dlgs n.152 del 03/08/2007	ng/m <sup>3</sup>	5	0.4	0.4	0.4
Ni - Nickel nel PM10	Anno	Dlgs n.152 del 03/08/2007	ng/m <sup>3</sup>	20	8	5	5
Pb - Piombo nel PM10	Anno	DM n. 60 del 02/04/2002	µg/m <sup>3</sup>	0.5	0.003	0.003	0.003
Mn - Manganese	Anno	WHO. Air quality guidelines. 2000	µg/m <sup>3</sup>	0.15	0.01	0.01	0.01
Hg - Mercurio	Anno	WHO. Air quality guidelines, 2000	µg/m <sup>3</sup>	1	0.00005	0.00005	0.00006
Pt - Platino	--	WHO. Air quality guidelines, 2000	µg/m <sup>3</sup>	(*)	0.0008	0.0004	0.0004
V - Vanadio	24 ore	WHO. Air quality guidelines. 2000	µg/m <sup>3</sup>	1	0.02	0.02	0.02
Cr VI - Cromo esavalente	-	WHO. Air quality guidelines. 2000		$4 \times 10^{-2}$ (**)	0.01 µg/m <sup>3</sup>	0.01 µg/m <sup>3</sup>	0.01 µg/m <sup>3</sup>

Note:

(\*) Per il Pt non è stato fissato un valore guida. Reazioni allergiche si segnalano intorno a 0.05 µg/m<sup>3</sup>.

(\*\*) 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/m<sup>3</sup>.

### 3.2.2 Specie ioniche nel particolato PM10

Le concentrazioni medie mensili delle specie ioniche analizzate nei campioni di ciascuna postazione 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- [µg/m <sup>3</sup> ]	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- [µg/m <sup>3</sup> ]	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- [µg/m <sup>3</sup> ]	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 [µg/m <sup>3</sup> ]	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 [µg/m <sup>3</sup> ]	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 [µg/m <sup>3</sup> ]	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 [µg/m <sup>3</sup> ]	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+ [µg/m <sup>3</sup> ]	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- [µg/m <sup>3</sup> ]	5.34 ± 0.62	5.26 ± 1.64	6.17 ± 1.51	2.21 ± 0.52	2.85 ± 1.74	1.76 ± 0.67
NO3- [µg/m <sup>3</sup> ]	1.91 ± 1.04	2.08 ± 2.45	1.63 ± 2.23	1.17 ± 0.18	2.45 ± 1.26	1.51 ± 2.75
Cl- [µg/m <sup>3</sup> ]	0.63 ± 0.34	1.34 ± 0.24	1.13 ± 0.40	0.16 ± 0.17	0.91 ± 0.17	2.20 ± 0.33
Ca [µg/m <sup>3</sup> ]	0.74 ± 0.82	1.22 ± 1.96	0.63 ± 1.80	0.34 ± 0.99	0.30 ± 0.77	0.26 ± 1.61
Na [µg/m <sup>3</sup> ]	1.24 ± 0.12	1.63 ± 0.24	1.28 ± 0.21	1.39 ± 0.06	1.08 ± 0.09	1.50 ± 0.21
Mg [µg/m <sup>3</sup> ]	0.17 ± 0.05	0.22 ± 0.09	0.15 ± 0.15	0.05 ± 0.05	0.13 ± 0.06	0.19 ± 0.07
K [µg/m <sup>3</sup> ]	0.14 ± 0.70	0.21 ± 0.53	0.22 ± 1.40	0.10 ± 0.43	0.17 ± 0.77	0.11 ± 0.60
NH4+ [µg/m <sup>3</sup> ]	1.23 ± 2.31	1.22 ± 1.78	1.61 ± 4.79	0.41 ± 1.60	0.86 ± 1.85	0.46 ± 1.66

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- [µg/m <sup>3</sup> ]	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- [µg/m <sup>3</sup> ]	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- [µg/m <sup>3</sup> ]	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 [µg/m <sup>3</sup> ]	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 [µg/m <sup>3</sup> ]	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 [µg/m <sup>3</sup> ]	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 [µg/m <sup>3</sup> ]	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+ [µg/m <sup>3</sup> ]	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- [µg/m <sup>3</sup> ]	5.40 ± 0.90	5.50 ± 1.73	5.71 ± 1.29	2.11 ± 0.93	2.90 ± 1.90	2.10 ± 0.72
NO3- [µg/m <sup>3</sup> ]	2.38 ± 1.54	2.04 ± 2.76	1.91 ± 3.22	1.55 ± 0.32	3.00 ± 1.85	1.72 ± 5.66
Cl- [µg/m <sup>3</sup> ]	1.28 ± 0.27	1.45 ± 0.18	1.91 ± 0.62	0.41 ± 0.44	1.63 ± 0.35	4.53 ± 0.50
Ca [µg/m <sup>3</sup> ]	0.91 ± 1.19	1.07 ± 2.02	1.58 ± 2.44	0.85 ± 0.50	1.10 ± 1.25	1.14 ± 3.39
Na [µg/m <sup>3</sup> ]	1.66 ± 0.15	1.71 ± 0.24	1.80 ± 0.28	0.70 ± 0.06	1.54 ± 0.15	2.98 ± 0.45
Mg [µg/m <sup>3</sup> ]	0.25 ± 0.04	0.22 ± 0.08	0.23 ± 0.10	0.04 ± 0.07	0.20 ± 0.07	0.37 ± 0.15
K [µg/m <sup>3</sup> ]	0.19 ± 0.74	0.19 ± 0.41	0.24 ± 1.20	0.12 ± 0.34	0.22 ± 0.83	0.27 ± 0.44
NH4+ [µg/m <sup>3</sup> ]	1.27 ± 2.44	1.05 ± 1.49	1.26 ± 3.97	0.43 ± 1.54	0.75 ± 1.75	0.29 ± 1.59

Le concentrazioni medie mensili di specie ioniche nel particolato PM10 della postazione di **Poggio Ombriccolo** sono riportate di seguito. Per questa postazione non sono disponibili campioni per il mese di ottobre a causa di frequenti malfunzionamenti dell'apparato di prelievo dedicato.

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

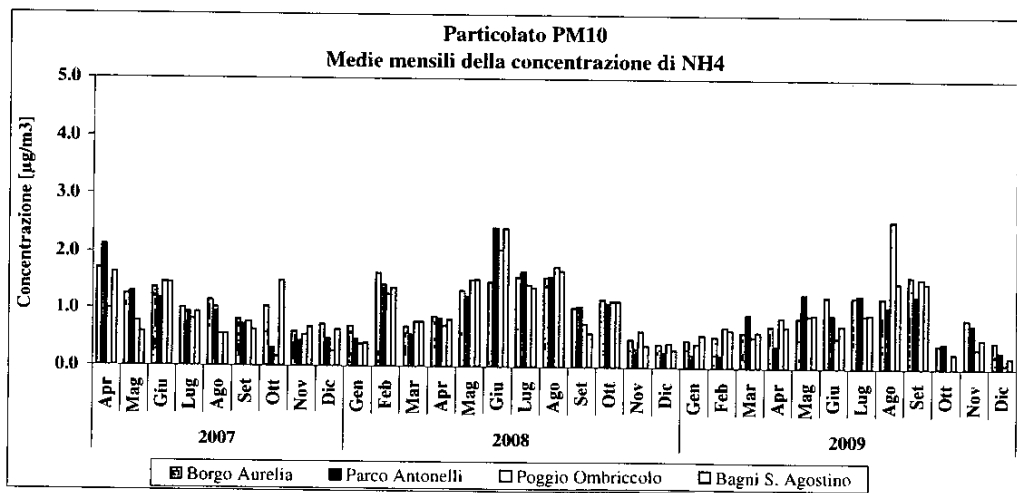
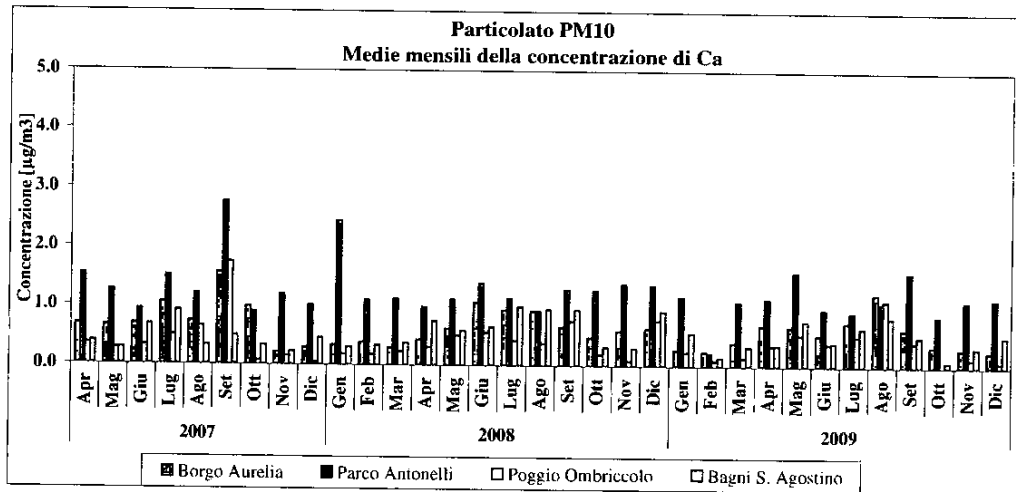
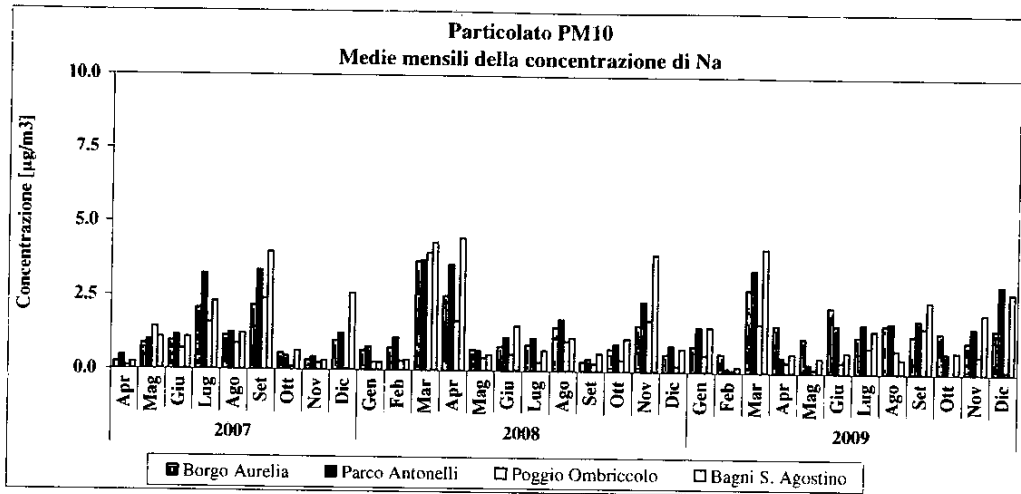
Postazione di Poggio Ombriccolo - 2009						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
SO4-- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	3.34 ± 0.49	10.62 ± 1.07	5.38 ± 1.04	-	1.29 ± 0.57	0.54 ± 0.23
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.47 ± 1.22	1.55 ± 0.01	1.59 ± 1.66	-	0.65 ± 0.93	0.51 ± 0.10
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.72 ± 0.34	0.02 ± 0.84	1.28 ± 0.29	-	0.54 ± 0.12	0.08 ± 0.02
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.52 ± 1.05	1.12 ± 0.64	0.40 ± 1.62	-	0.14 ± 0.82	0.09 ± 0.01
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.88 ± 0.13	0.80 ± 0.01	1.55 ± 0.18	-	0.61 ± 0.10	0.10 ± 0.00
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.13 ± 0.05	0.02 ± 0.01	0.20 ± 0.20	-	0.07 ± 0.05	0.01 ± 0.05
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.15 ± 0.65	0.29 ± 1.31	0.19 ± 2.13	-	0.04 ± 0.51	0.04 ± 0.10
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.92 ± 1.91	2.57 ± 5.81	1.58 ± 6.29	-	0.35 ± 1.58	0.08 ± 0.07

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

Postazione di Bagni S. Agostino - 2009						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
SO4-- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	4.25 ± 0.45	6.78 ± 0.31	5.59 ± 1.37	1.31 ± 0.74	2.53 ± 0.60	1.48 ± 0.91
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.98 ± 1.17	0.84 ± 0.00	2.48 ± 3.35	0.95 ± 0.43	2.15 ± 1.70	1.36 ± 6.19
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.07 ± 0.22	0.01 ± 0.31	2.75 ± 0.35	0.50 ± 0.00	1.85 ± 0.05	4.53 ± 0.36
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.65 ± 0.95	0.82 ± 0.03	0.50 ± 2.58	0.09 ± 0.08	0.32 ± 1.30	0.51 ± 3.75
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.44 ± 0.11	0.50 ± 0.06	2.43 ± 0.33	0.74 ± 0.00	2.02 ± 0.15	2.74 ± 0.47
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.21 ± 0.03	0.05 ± 0.14	0.28 ± 0.18	0.01 ± 0.06	0.24 ± 0.02	0.34 ± 0.07
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.13 ± 0.76	0.24 ± 0.26	0.22 ± 2.01	0.05 ± 0.32	0.20 ± 0.33	0.21 ± 0.08
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.93 ± 2.76	1.49 ± 1.21	1.49 ± 5.73	0.26 ± 1.06	0.51 ± 1.64	0.19 ± 0.56





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 estivo;
- 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. Saltuariamente la concentrazione dei cloruri è risultata inferiore al limite di rilevabilità e spesso è 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<sup>(6)</sup>. Inoltre, recenti studi hanno dimostrato che i nitrati presenti nelle frazioni grossolane e fini del particolato urbano si possono formare per la reazione di HNO<sub>3</sub> con i sali marini, specie quando gli aerosol marini incontrano masse di aria inquinata, ma non sono escluse anche reazioni dirette con SO<sub>2</sub><sup>(7)</sup>. La diminuzione della concentrazione dei cloruri, pertanto, si spiega attraverso la reazione di HNO<sub>3</sub> o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, acquosi o gassosi, con NaCl marino oppure per adsorbimento della SO<sub>2</sub> gassosa nelle gocce di aerosol la quale si ossida facilmente a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;
- 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:

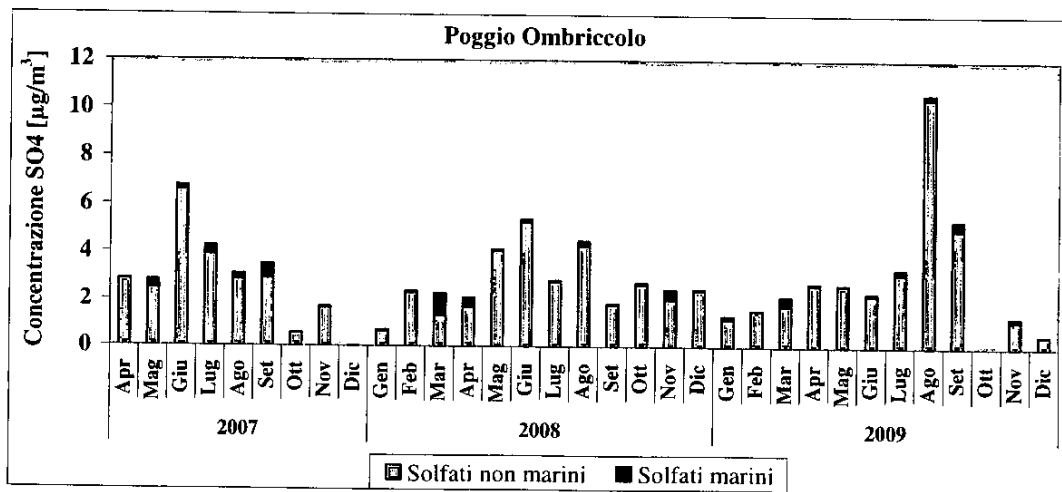
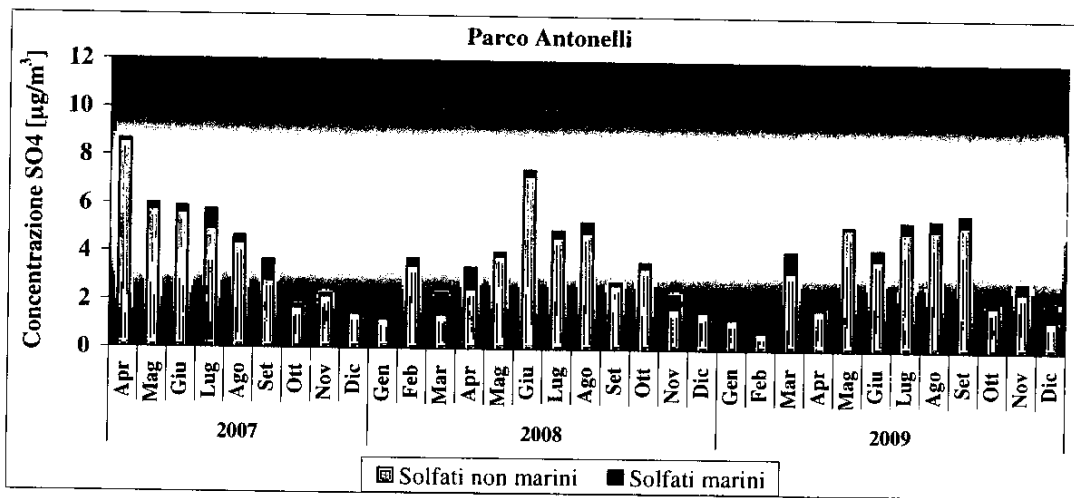
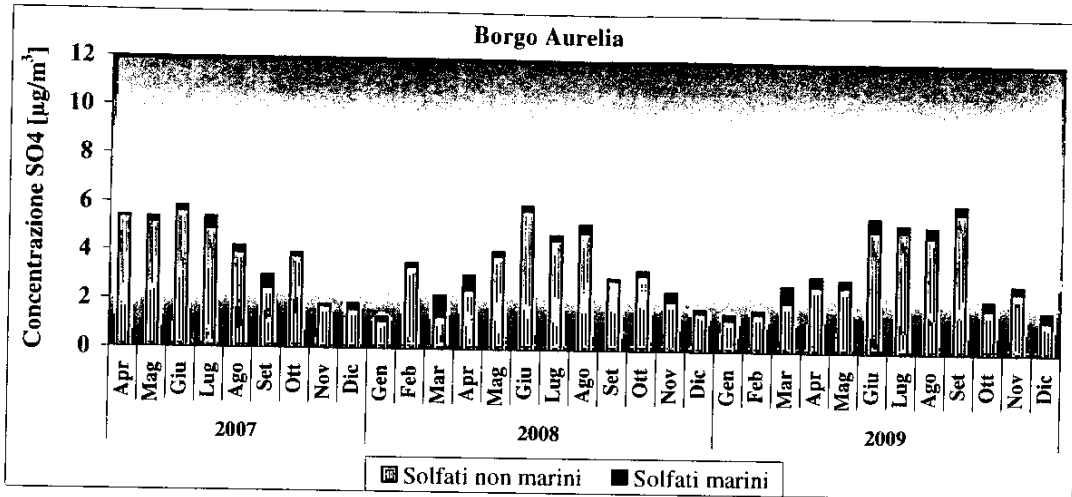
$$[\text{solfati marini}] = [\text{Na}^+] \times ([\text{SO}_4^{2-}]/[\text{Na}^+])_{\text{mare}}$$

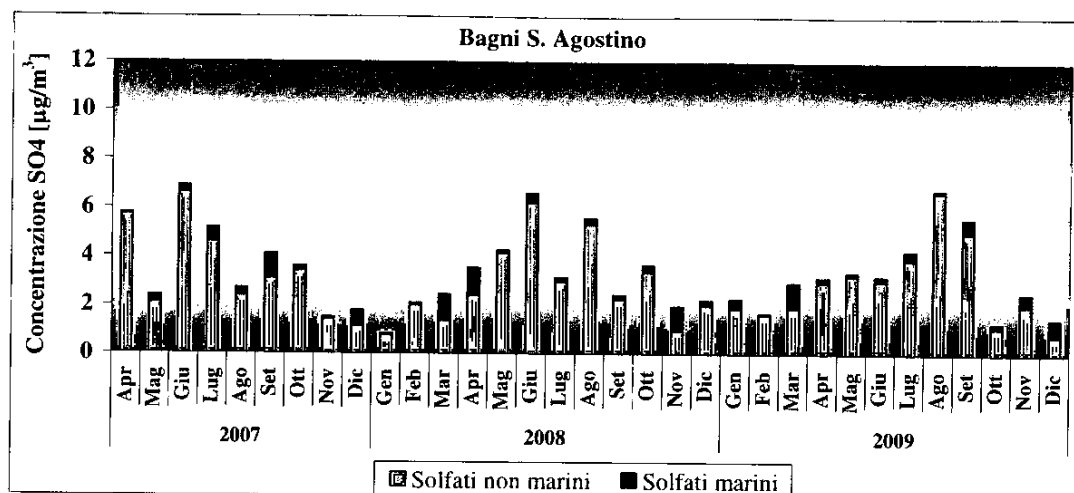
Il valore del rapporto solfati/sodio nell'acqua di mare è stato posto pari a 0.246 come suggerito da Brewer<sup>(8)</sup>. I risultati dei calcoli sono mostrati in forma grafica nelle figure seguenti, in cui, per ciascuna postazione, è stata indicata con una barra arancio la concentrazione media mensile di solfati non marini, quindi presumibilmente antropogenici, e con una barra blu sovrapposta all'arancio la concentrazione di solfati di origine marina.

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

<sup>7</sup> Zhuang H. et al., 1999, Atmospheric Environment 33, 843-853

<sup>8</sup> Brewer P.G. (1975) Minor elements in sea water. In: Chester R. (Ed.), Chemical Oceanography, Vol.1. Academic, San Diego, California, 417-425



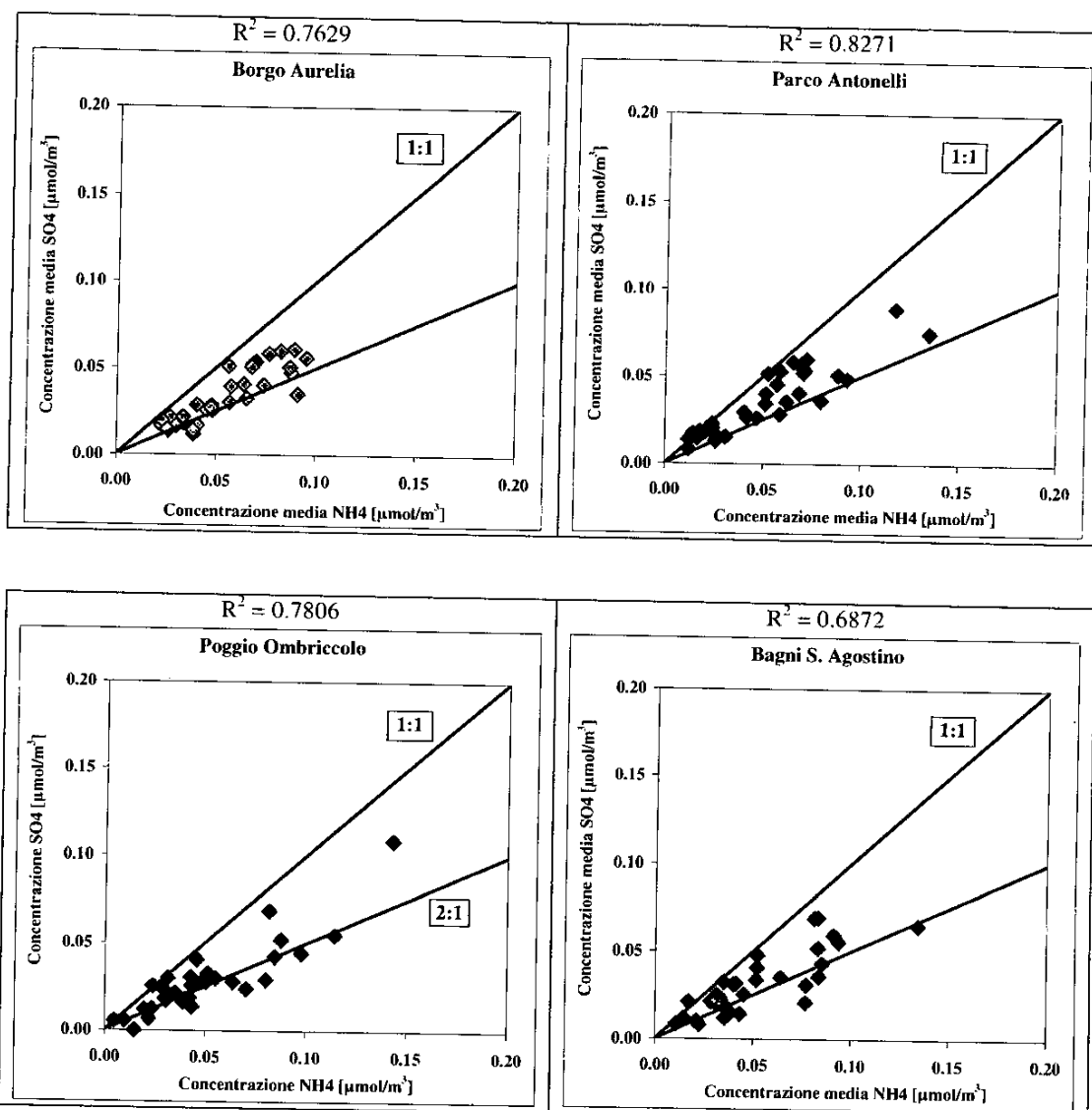


Dalle figure precedenti si può cogliere che, per la maggior parte del 2009, la quantità di solfati marini nel PM10 è stata relativamente modesta e i solfati marini hanno costituito circa il 10 % dei solfati totali. In alcuni mesi, come accaduto in gennaio, marzo e dicembre, i solfati marini hanno rappresentato ben oltre il 10 % dei solfati totali, fino ad arrivare ad essere il 45% dei solfati totali (Bagni S. Agostino in dicembre). Nella tabella seguente è riportata la percentuale di solfati marini contenuti nella concentrazione media mensile di solfati totali:

	<b>Borgo Aurelia</b>	<b>Parco Antonelli</b>	<b>Poggio Ombriccolo</b>	<b>Bagni S. Agostino</b>
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	9.4	13.1	11.7	19.6
dic. 09	21.0	35.0	4.6	45.7
<b>Minimo</b>	5.1	1.4	1.2	1.8
<b>Massimo</b>	24.8	35.0	18.9	45.7

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:  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  (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 i valori di  $R^2$  sono molto elevati per le postazioni di Borgo Aurelia, Parco Antonelli e Poggio Ombriccolo. Per la postazione di Bagni S. Agostino la correlazione è un po' meno buona rispetto alle altre. 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
Giu 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

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccollo	Bagni S. Agostino
Dic 07	2.45	1.72	3.32	2.96
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	1.77	1.59	1.65	1.34
Dic 09	1.78	1.15	0.86	1.27

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 si deduce che 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 (1:1 o 2:1), 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
<b>SO4--</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	3.60	2.65	59	59	100	3.19	1.90	4.73	0.37	12.53
<b>NO3-</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.94	1.57	59	59	100	1.55	1.08	2.18	0.46	10.33
<b>Cl-</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.12	2.00	59	49	83	0.23	0.10	0.88	0.01	9.26
<b>Ca</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.54	0.39	59	59	100	0.46	0.23	0.84	0.02	1.65
<b>Na</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.49	1.62	59	58	98	1.04	0.38	1.93	0.01	9.46
<b>Mg</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.15	0.22	59	38	64	0.10	0.01	0.15	0.01	1.29
<b>K</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.16	0.08	59	58	98	0.14	0.11	0.20	0.01	0.45
<b>NH4+</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.89	0.70	59	59	100	0.74	0.29	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--	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	3.82	2.34	56	56	100	3.67	2.00	5.02	0.47	11.10
NO3-	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.18	1.39	56	56	100	1.97	1.08	2.54	0.32	6.35
Cl-	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.81	2.91	56	49	88	0.54	0.16	1.53	0.01	12.77
Ca	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.16	0.53	56	56	100	1.08	0.78	1.38	0.32	2.89
Na	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.63	1.88	56	55	98	0.92	0.40	1.91	0.01	7.89
Mg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.20	0.24	56	42	75	0.14	0.01	0.22	0.01	0.99
K	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.20	0.09	56	56	100	0.19	0.14	0.25	0.01	0.47
NH4+	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.83	0.72	56	56	100	0.68	0.28	1.08	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--	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.97	3.19	30	30	100	2.13	1.47	3.02	0.47	14.84
NO3-	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.25	0.65	30	30	100	1.13	0.69	1.75	0.30	2.73
Cl-	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.65	1.13	30	28	93	0.02	0.01	0.72	0.01	4.26
Ca	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.37	0.34	30	29	97	0.33	0.14	0.46	0.01	1.71
Na	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.81	0.93	30	29	97	0.35	0.18	1.23	0.01	3.39
Mg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.10	0.12	30	26	87	0.02	0.01	0.15	0.01	0.41
K	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.12	0.09	30	28	93	0.11	0.08	0.16	0.01	0.41
NH4+	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.82	0.92	30	30	100	0.60	0.21	0.93	0.01	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--	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	3.25	2.36	30	30	100	2.75	1.84	3.84	0.43	11.65
NO3-	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.66	0.86	30	30	100	1.47	0.98	2.25	0.43	3.90
Cl-	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.56	2.94	30	28	93	0.31	0.14	1.23	0.01	12.65
Ca	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.44	0.30	30	30	100	0.40	0.17	0.62	0.08	1.04
Na	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.42	1.88	30	30	100	0.74	0.29	1.52	0.04	8.01
Mg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.17	0.24	30	16	53	0.10	0.01	0.18	0.01	0.95
K	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.16	0.09	30	28	93	0.15	0.09	0.21	0.01	0.37
NH4+	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.77	0.72	30	30	100	0.60	0.35	0.91	0.03	3.82

Relativamente alle medie annuali di specie ioniche nel PM10 delle postazioni di misura, si possono fare le seguenti considerazioni:

- il PM10 di Parco Antonelli e di Borgo Aurelia sono i più ricchi di solfati e nitrati, quello di Poggio Ombriccolo ne contiene invece le minori quantità. 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 ( $1.4 - 1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mentre quelle dei cloruri mostrano una variabilità più ampia ( $1.1 - 1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), in ragione del già citato fenomeno del "chloride depletion". A Poggio Ombriccolo le concentrazioni medie annuali sono risultate invece inferiori di circa il 40-60% 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  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 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[c,d]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)c,d]pirene	6	276	Genotossico	2B
Dibenzo(a,h)antracene	6	278	Genotossico	2A
Benzo(g,h,i)perilene	6	276	Genotossico	3
Dibenzo(a,i)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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	4.85 ± 5.22	7.89 ± 4.65	2.18 ± 1.55	2.57 ± 0.97	1.59 ± 0.56	1.97 ± 1.26

	Postazione di Borgo Aurelia					
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.04 ± 0.06	0.02 ± 0.04	0.25 ± 0.48	0.03 ± 0.03	0.12 ± 0.08	0.15 ± 0.10
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.11 ± 0.23	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.03	0.04 ± 0.04
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.04	0.02 ± 0.03	0.20 ± 0.39	0.02 ± 0.02	0.05 ± 0.04	0.05 ± 0.05
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.03	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01
Acenaftilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.04	0.10 ± 0.11	0.11 ± 0.11
Acenaftene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.05 ± 0.07	0.01 ± 0.01	0.06 ± 0.09	0.05 ± 0.06
Fluorene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.04 ± 0.03	0.06 ± 0.03	0.09 ± 0.06	0.12 ± 0.09	0.34 ± 0.36	0.38 ± 0.32
Fenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.66 ± 0.60	1.10 ± 0.52	1.15 ± 1.14	0.83 ± 0.60	1.46 ± 1.64	1.51 ± 1.16
Antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.03	0.04 ± 0.03	0.08 ± 0.10	0.03 ± 0.02	0.09 ± 0.12	0.09 ± 0.09
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.20 ± 0.16	0.31 ± 0.14	0.18 ± 0.14	0.09 ± 0.06	0.15 ± 0.14	0.14 ± 0.10
Fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.46 ± 0.47	0.84 ± 0.43	0.53 ± 0.58	0.34 ± 0.27	0.39 ± 0.46	0.46 ± 0.34
Pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.27 ± 0.25	0.47 ± 0.22	0.32 ± 0.33	0.21 ± 0.14	0.28 ± 0.33	0.31 ± 0.23
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.05	0.03 ± 0.04
Crisene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.05	0.04 ± 0.04	0.07 ± 0.12	0.08 ± 0.09
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.04 ± 0.03	0.06 ± 0.04	0.13 ± 0.12	0.11 ± 0.11	0.20 ± 0.28	0.25 ± 0.26
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.04	0.03 ± 0.03
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.03	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.07	0.05 ± 0.06
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.06	0.04 ± 0.05
Perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.03	0.06 ± 0.08	0.08 ± 0.10
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.02	0.05 ± 0.07	0.06 ± 0.07
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	1.98 ± 1.49	3.17 ± 1.08	3.35 ± 2.30	2.09 ± 1.29	3.67 ± 4.07	4.03 ± 3.11

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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
<b>Totale</b> [ng/m <sup>3</sup> ]		<b>8.49 ± 5.09</b>	<b>10.37 ± 7.25</b>	<b>9.28 ± 3.68</b>	<b>6.53 ± 2.13</b>	<b>4.22 ± 2.15</b>	<b>3.36 ± 1.87</b>

		Postazione di Parco Antonelli					
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.05 ± 0.09	0.04 ± 0.04	0.04 ± 0.03	0.03 ± 0.02	0.09 ± 0.04	0.13 ± 0.09
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.02 ± 0.03	0.03 ± 0.03	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.05 ± 0.03
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.05 ± 0.06	0.06 ± 0.06	0.04 ± 0.03	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.03	0.07 ± 0.05
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.03 ± 0.04	0.05 ± 0.04	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Acenaftilene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.05 ± 0.03	0.13 ± 0.15	0.15 ± 0.16
Acenaftene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.02	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.02
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.05 ± 0.04	0.05 ± 0.04
Fluorene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.05 ± 0.04	0.08 ± 0.04	0.09 ± 0.06	0.32 ± 0.18	0.43 ± 0.33	0.53 ± 0.48
Fenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.94 ± 0.68	1.47 ± 0.29	1.75 ± 0.74	2.31 ± 0.97	2.33 ± 1.40	2.67 ± 1.60
Antracene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.06 ± 0.04	0.10 ± 0.02	0.13 ± 0.05	0.19 ± 0.09	0.24 ± 0.15	0.28 ± 0.18
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.33 ± 0.29	0.56 ± 0.25	0.33 ± 0.12	0.24 ± 0.12	0.28 ± 0.16	0.28 ± 0.15
Fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.57 ± 0.46	0.97 ± 0.28	0.78 ± 0.35	0.75 ± 0.44	0.60 ± 0.35	0.79 ± 0.48
Pirene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.55 ± 0.46	0.93 ± 0.31	0.63 ± 0.25	0.64 ± 0.27	0.56 ± 0.32	0.70 ± 0.40
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		0.03 ± 0.03	0.05 ± 0.03	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.03	0.05 ± 0.05	0.06 ± 0.05
Crisene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.04 ± 0.03	0.06 ± 0.04	0.06 ± 0.02	0.08 ± 0.05	0.10 ± 0.09	0.12 ± 0.10
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.08 ± 0.06	0.13 ± 0.04	0.19 ± 0.17	0.22 ± 0.13	0.32 ± 0.26	0.41 ± 0.39
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.04	0.05 ± 0.04
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.03	0.05 ± 0.06	0.06 ± 0.03	0.07 ± 0.07	0.08 ± 0.07
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.03	0.06 ± 0.06	0.07 ± 0.08
Perilene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.04	0.06 ± 0.04	0.09 ± 0.07	0.15 ± 0.19
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>3</sup> ]		0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.07 ± 0.07	0.07 ± 0.04	0.10 ± 0.08	0.15 ± 0.15
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		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 <sup>3</sup> ]		0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.05
<b>Totale</b> [ng/m <sup>3</sup> ]		<b>2.99 ± 2.12</b>	<b>4.76 ± 1.14</b>	<b>4.42 ± 1.76</b>	<b>5.29 ± 2.26</b>	<b>5.75 ± 3.38</b>	<b>6.94 ± 4.39</b>

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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>3</sup> ]	<b>1.29 ± 1.54</b>	<b>7.09 ± 1.99</b>	<b>11.39 ± 0.09</b>	<b>1.52 ± 0.45</b>	<b>1.12 ± 0.09</b>	<b>3.27 ± 4.30</b>

Postazione di Poggio Ombriccolo							
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.15 ± 0.22	0.29 ± 0.25	0.01 ± 0.01	0.11 ± n.c.	0.04 ± 0.07	0.06 ± 0.06
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.07 ± 0.08	0.13 ± 0.06	0.01 ± n.c.	0.03 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.11 ± 0.16	0.21 ± 0.20	0.01 ± n.c.	0.06 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.04	0.04 ± 0.05	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.00
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.24 ± 0.41	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.04 ± 0.06
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.04 ± 0.06
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.04	0.06 ± 0.04	0.01 ± n.c.	0.19 ± n.c.	0.10 ± 0.11	0.16 ± 0.17
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.49 ± 0.65	0.97 ± 0.57	0.40 ± 0.10	0.61 ± n.c.	0.46 ± 0.19	0.60 ± 0.34
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.31 ± 2.40	2.62 ± 3.23	0.19 ± 0.08	0.07 ± n.c.	0.07 ± 0.03	0.07 ± 0.03
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.53 ± 0.78	1.06 ± 0.85	0.15 ± 0.12	0.14 ± n.c.	0.14 ± 0.05	0.20 ± 0.13
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.19 ± 2.01	2.37 ± 2.55	0.14 ± 0.12	0.09 ± n.c.	0.09 ± 0.05	0.13 ± 0.09
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.03	0.05 ± 0.03	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.03	0.03 ± 0.03
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.04 ± 0.05	0.06 ± 0.07	0.03 ± 0.03	0.05 ± n.c.	0.07 ± 0.08	0.11 ± 0.14
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.03
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.03
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.03
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.03
Dibenzo[a, e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>3</sup> ]	<b>4.14 ± 5.87</b>	<b>8.07 ± 6.44</b>	<b>1.33 ± 0.58</b>	<b>1.53 ± n.c.</b>	<b>1.20 ± 0.69</b>	<b>1.70 ± 1.31</b>

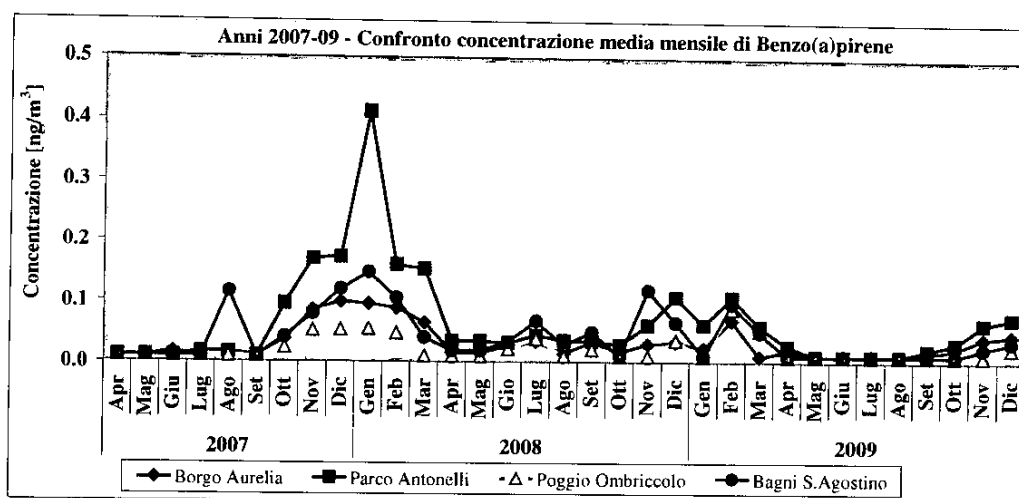
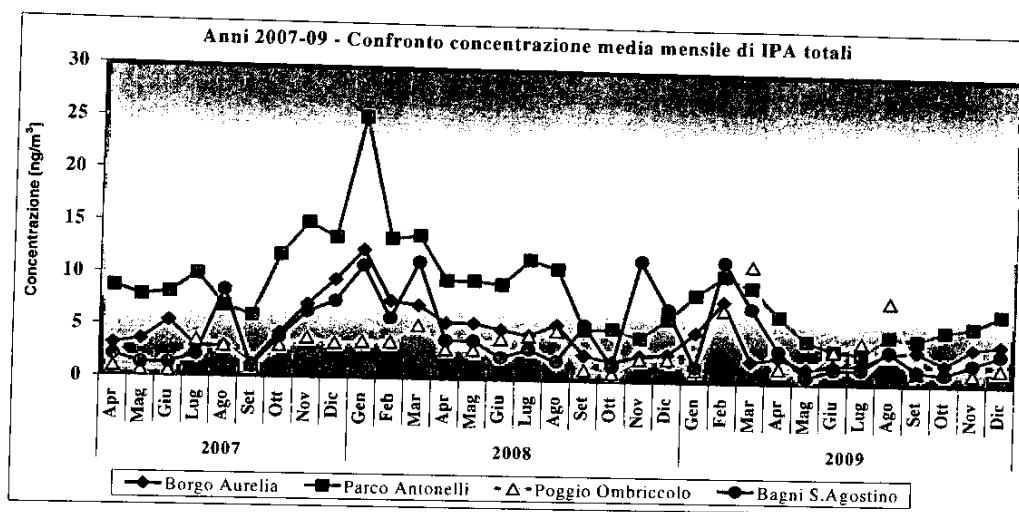
Le concentrazioni medie mensili di IPA nel particolato PTS della postazione di **Bagni S. Agostino** sono riportate di seguito:

		Postazione di Bagni S. Agostino					
		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.05 ± 0.07	0.08 ± 0.08
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.04 ± 0.06	0.04 ± 0.04
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.05 ± 0.08	0.05 ± 0.06
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.02
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.10 ± 0.17	0.10 ± 0.13
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.00	0.07 ± 0.11	0.05 ± 0.08
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.05 ± 0.05	0.10 ± 0.02	0.05 ± 0.05	0.09 ± 0.08	0.14 ± 0.18	0.20 ± 0.17
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.21 ± 0.25	0.48 ± 0.08	0.45 ± 0.30	0.46 ± 0.20	0.75 ± 0.35	1.12 ± 0.62
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.02 ± 0.01	0.05 ± 0.04	0.07 ± 0.04
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.11 ± 0.12	0.24 ± 0.04	0.12 ± 0.05	0.07 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.18 ± 0.17
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.48 ± 0.61	1.15 ± 0.05	0.26 ± 0.17	0.17 ± 0.01	0.22 ± 0.07	0.35 ± 0.21
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.39 ± 0.50	0.95 ± 0.01	0.23 ± 0.15	0.14 ± 0.03	0.17 ± 0.06	0.26 ± 0.16
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.00	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.03
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.00	0.02 ± 0.03	0.02 ± 0.00	0.05 ± 0.04	0.06 ± 0.05
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.03	0.05 ± 0.03	0.06 ± 0.09	0.05 ± 0.01	0.15 ± 0.13	0.20 ± 0.17
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.03
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.03	0.04 ± 0.04
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.04
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.04	0.04 ± 0.04
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.03	0.04 ± 0.04
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	1.53 ± 1.68	3.36 ± 0.16	1.46 ± 0.89	1.20 ± 0.27	2.17 ± 1.53	3.05 ± 1.99



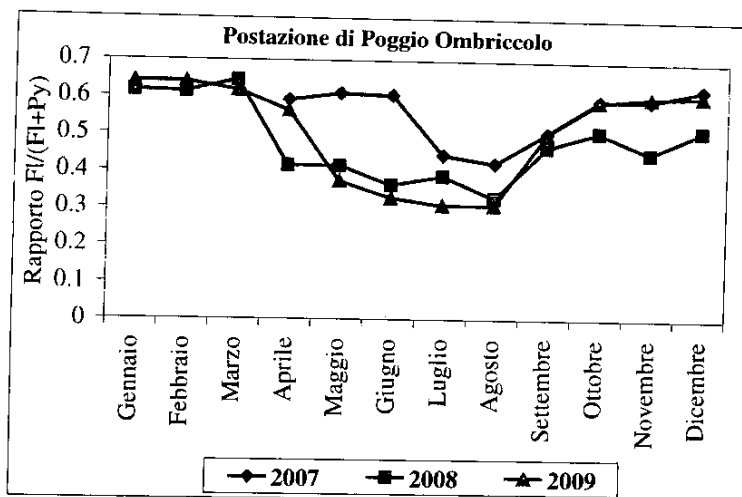
Gli andamenti temporali delle concentrazioni degli IPA totali e del benzo(a)pirene (valore limite 1 ng/m<sup>3</sup>) sono riportati nelle figure che seguono:



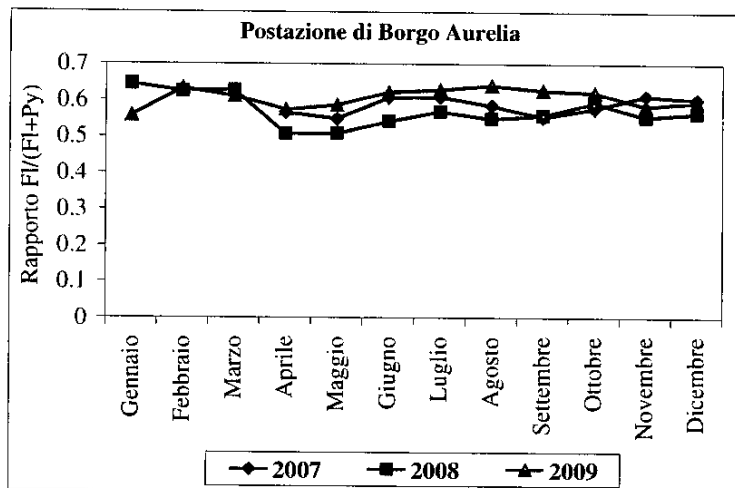
Da grafici precedenti, si evidenziano alcuni andamenti:

- 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<sup>3</sup>), di poco superiore a quella di Parco Antonelli (circa 10 ng/m<sup>3</sup>) 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 (circa 11 ng/m<sup>3</sup>). 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  $8 \text{ ng/m}^3$ ). E' da far notare che in questa postazione sono avvenuti aumenti estivi della concentrazione media degli IPA 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  $[FI/(Flu+Py)]$ , uno dei più comuni rapporti diagnostici tra singoli IPA utilizzato in letteratura.



Si può osservare che nei mesi estivi il rapporto  $FI/(Flu+Py)$  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 dei singoli IPA e ciò potrebbe essere messo in relazione con un mutamento delle sorgenti. Tale fenomeno potrà essere approfondito nel corso del proseguimento dei monitoraggi:

- il benzo(a)pirene, l'unico IPA normato dalla legislazione italiana (valore limite  $1 \text{ ng/m}^3$  - Dlgs n. 152 del 03/08/2007), non ha mai superato la concentrazione prevista dal limite normativo e spesso è risultato inferiore al limite di rilevabilità in aria ( $0.01 \text{ ng/m}^3$ ).

## 3.3.1.1 Valori medi annuali

Nelle tabelle che seguono, sono riportati i valori medi annuali di concentrazione degli IPA. 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 composto 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 <sup>3</sup> ]	0.149	0.228	61	45	74	0.058	0.005	0.179	0.005	1.106
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.067	0.105	61	38	62	0.024	0.005	0.072	0.005	0.516
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.105	0.165	61	43	70	0.054	0.005	0.110	0.005	0.903
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.047	0.084	61	36	59	0.019	0.005	0.037	0.005	0.506
Acenaftilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.053	0.085	61	35	57	0.012	0.005	0.069	0.005	0.344
Acenaftene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.013	n.c.	61	23	38	0.005	0.005	0.016	0.005	0.097
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.073	0.181	61	47	77	0.023	0.011	0.046	0.005	1.308
Fluorene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.221	0.317	61	52	85	0.087	0.043	0.254	0.005	1.481
Fenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	1.114	1.117	61	54	89	0.927	0.354	1.365	0.005	4.842
Antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.065	0.117	61	49	80	0.036	0.013	0.067	0.005	0.815
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.151	0.118	61	54	89	0.125	0.085	0.174	0.005	0.541
Fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.426	0.409	61	54	89	0.294	0.180	0.562	0.005	1.943
Pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.275	0.252	61	54	89	0.228	0.114	0.348	0.005	1.102
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.005	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.025	0.037	61	33	54	0.012	0.005	0.034	0.005	0.252
Crisene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.059	0.071	61	50	82	0.043	0.016	0.061	0.005	0.419
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.115	0.147	61	43	70	0.067	0.010	0.151	0.010	0.712
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.027	n.c.	61	14	23	0.010	0.010	0.010	0.010	0.232
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.028	n.c.	61	22	36	0.010	0.010	0.040	0.010	0.165
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.024	n.c.	61	15	25	0.010	0.010	0.010	0.010	0.138
Perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.013	n.c.	61	2	3	0.010	0.010	0.010	0.010	0.170
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.035	n.c.	61	18	30	0.010	0.010	0.038	0.010	0.303
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.011	n.c.	61	1	2	0.010	0.010	0.010	n.c.	n.c.
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.030	n.c.	61	18	30	0.010	0.010	0.041	0.010	0.200
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a, l]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
<b>Totale</b> [ng/m <sup>3</sup> ]	<b>3.17</b>	<b>2.98</b>	-	-	-	<b>2.44</b>	<b>1.45</b>	<b>3.60</b>	<b>0.200</b>	<b>13.65</b>

Parco Antonelli										
Valori statistici 2009 per IPA										
	Media	Dev Stand	$N_{tot}$	$n_{LdR}$	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Naftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.214	0.452	61	51	84	0.062	0.017	0.199	0.005	2.853
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.106	0.203	61	46	75	0.034	0.011	0.086	0.005	1.113
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.170	0.303	61	49	80	0.062	0.020	0.165	0.005	1.501
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.081	0.151	61	41	67	0.022	0.005	0.083	0.005	0.782
Acenaftilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.090	0.123	61	46	75	0.023	0.009	0.108	0.005	0.439
Acenaftene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.024	0.027	61	36	59	0.014	0.005	0.034	0.005	0.100
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.116	0.235	61	53	87	0.045	0.017	0.085	0.005	1.489
Fluorene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.340	0.374	61	54	89	0.160	0.077	0.549	0.005	1.646
Fenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	2.162	1.503	61	56	92	1.964	1.240	2.849	0.005	8.223
Antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.192	0.163	61	56	92	0.137	0.075	0.250	0.005	0.781
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.313	0.178	61	56	92	0.338	0.198	0.419	0.005	0.989
Fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.779	0.479	61	56	92	0.765	0.456	1.001	0.005	2.510
Pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.693	0.419	61	56	92	0.667	0.436	0.926	0.005	2.336
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.005	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.048	0.045	61	55	90	0.034	0.016	0.068	0.005	0.228
Crisene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.112	0.090	61	55	90	0.088	0.049	0.153	0.005	0.418
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.204	0.220	61	55	90	0.124	0.072	0.253	0.010	1.334
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.042	n.c.	61	25	41	0.010	0.010	0.052	0.010	0.338
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.059	0.056	61	41	67	0.042	0.010	0.088	0.010	0.267
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.040	n.c.	61	22	36	0.010	0.010	0.056	0.010	0.268
Perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.011	n.c.	61	3	5	0.010	0.010	0.010	0.010	0.035
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.068	0.097	61	38	62	0.039	0.010	0.092	0.010	0.644
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.012	n.c.	61	3	5	0.010	0.010	0.010	0.010	0.087
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.080	0.089	61	45	74	0.051	0.010	0.106	0.010	0.495
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.013	n.c.	61	1	2	0.010	0.010	0.010	n.c.	n.c.
Totale [ng/m <sup>3</sup> ]	6.00	4.07	-	-	-	5.10	3.38	7.94	0.20	19.39

Poggio Ombriccolo										
Valori statistici 2009 per IPA										
	Media	Dev Stand	$N_{tot}$	$n_{LdR}$	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Naftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.282	0.633	28	18	64	0.047	0.005	0.148	0.005	2.958
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.100	0.204	28	14	50	0.013	0.005	0.058	0.005	0.827
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.155	0.310	28	18	64	0.027	0.005	0.079	0.005	1.236
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.052	n.c.	28	13	46	0.005	0.005	0.026	0.005	0.370
Acenaftilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.065	n.c.	28	12	43	0.005	0.005	0.031	0.005	0.715
Acenaftene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.011	n.c.	28	5	18	0.005	0.005	0.005	0.005	0.071
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.068	0.132	28	15	54	0.012	0.005	0.031	0.005	0.557
Fluorene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.218	0.360	28	21	75	0.053	0.012	0.203	0.005	1.316
Fenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.864	0.923	28	25	89	0.559	0.350	1.036	0.005	4.462
Antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.029	0.044	28	15	54	0.010	0.005	0.025	0.005	0.191
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.319	0.907	28	25	89	0.108	0.059	0.213	0.005	4.899
Fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.339	0.371	28	24	86	0.201	0.132	0.441	0.005	1.660
Pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.372	0.769	28	24	86	0.206	0.093	0.343	0.005	4.176
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.005	n.c.	28	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.020	n.c.	28	12	43	0.005	0.005	0.031	0.005	0.092
Crisene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.050	0.061	28	20	71	0.025	0.005	0.067	0.005	0.218
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.082	0.111	28	16	57	0.038	0.010	0.112	0.010	0.482
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.028	n.c.	28	5	18	0.010	0.010	0.010	0.010	0.146
Benzo[c]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.027	n.c.	28	6	21	0.010	0.010	0.010	0.010	0.109
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.024	n.c.	28	5	18	0.010	0.010	0.010	0.010	0.109
Perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	28	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.029	n.c.	28	6	21	0.010	0.010	0.010	0.010	0.132
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	28	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.026	n.c.	28	6	21	0.010	0.010	0.010	0.010	0.104
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	28	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	28	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	28	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	28	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Totale [ng/m <sup>3</sup> ]	3.22	3.64	-	-	-	1.77	1.05	3.60	0.20	12.62

Bagni S. Agostino Valori statistici 2009 per IPA										
	Media	Dev Stand	N <sub>tot</sub>	n <sub>LdR</sub>	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Naftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.212	0.489	29	19	66	0.027	0.005	0.192	0.005	2.508
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.095	n.c.	29	14	48	0.005	0.005	0.105	0.005	0.859
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.146	0.288	29	15	52	0.012	0.005	0.134	0.005	1.375
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.064	n.c.	29	14	48	0.005	0.005	0.108	0.005	0.302
Acenaftilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.074	n.c.	29	14	48	0.005	0.005	0.120	0.005	0.481
Acenaftene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.024	0.043	29	15	52	0.012	0.005	0.024	0.005	0.224
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.094	0.175	29	23	79	0.022	0.011	0.080	0.005	0.827
Fluorene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.226	0.325	29	25	86	0.099	0.033	0.190	0.005	1.287
Fenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	1.021	1.300	29	26	90	0.559	0.423	1.070	0.005	6.180
Antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.079	0.138	29	26	90	0.046	0.019	0.069	0.005	0.719
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.122	0.094	29	26	90	0.099	0.067	0.153	0.005	0.470
Fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.444	0.506	29	26	90	0.248	0.156	0.442	0.005	2.129
Pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.306	0.307	29	26	90	0.214	0.113	0.385	0.005	1.160
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.005	n.c.	29	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.033	0.046	29	17	59	0.019	0.005	0.035	0.005	0.208
Crisene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.073	0.093	29	25	86	0.041	0.019	0.096	0.005	0.405
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.121	0.138	29	21	72	0.065	0.010	0.159	0.010	0.528
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.035	n.c.	29	7	24	0.010	0.010	0.010	0.010	0.236
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.036	n.c.	29	11	38	0.010	0.010	0.044	0.010	0.175
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.026	n.c.	29	6	21	0.010	0.010	0.010	0.010	0.099
Perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	29	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.033	n.c.	29	7	24	0.010	0.010	0.010	0.010	0.166
Dibenzo[a,h]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	29	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.028	n.c.	29	8	28	0.010	0.010	0.030	0.010	0.118
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	29	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	29	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.010	n.c.	29	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.01	n.c.	29	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Totale [ng/m <sup>3</sup> ]	3.36	3.69	-	-	-	2.38	1.20	3.93	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 <sup>9</sup>.

Table 5: Summary of recent (not older than 1990) typical European PAH- and BaP concentrations in ng/m<sup>3</sup> as annual mean value.

Compound	Remote site	Rural site	Urban	Traffic	Industrial
Aceanthrene	0.01	0.3-2.6			98
Aceanthrylene	0.01				
Anthracene	n.d. <sup>1</sup>	0.04-15		0.2-0.6	1.1
Benzo[a]anthracene	0.00-0.02	0.01-0.9	0.2-1.3	0.6-4.2	0.37-4.2
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[h]fluoranthene	0.00-0.01	0.04-0.6			0.3-3.4
Benzo[ghi]perylene	0.01	0.15-1.6	0.5-2.6	1-4.7	0.7-5.2
Benzo[ghi]perylene					
Benzo[k]fluoranthene		0.04-0.32	0.2-1		0.3-1.7
Chrysene		0.02-4.4	0.3-2.2		0.3-3.7
Coronene	0.00-0.01	0.02-0.3	0.1-0.6	0.4-2.5	0.26-5.2
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	0.2-2.1	1.3-2.6	0.4-3.7
Phenanthrene	0.1-0.3	0.42-150			1.6
Pirene	0.03	0.1-6.1	0.24-1.2	0.2-1.5	7.5

<sup>1</sup> Not detected

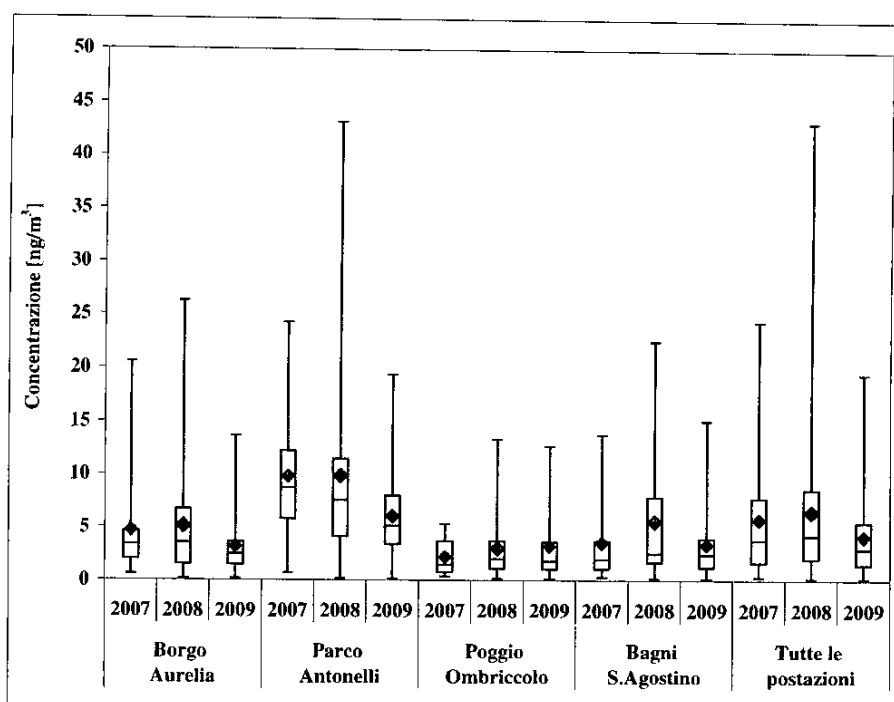
<sup>9</sup> EC Working Group On Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: "Ambient Air Pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)" - Position Paper Annexes, 2001. reperibile dal sito [http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/pp\\_pah.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/pp_pah.pdf)

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  $\text{ng}/\text{m}^3$ :

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino	Tutte le postazioni
Media	3.2	6.0	3.2	3.4	4.1
Mediana	2.4	5.1	1.8	2.4	2.9
25° Percentile	1.5	3.4	1.0	1.2	1.5
75° Percentile	3.6	7.9	3.6	3.9	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 annua di IPA quasi doppia rispetto a quelle delle altre postazioni che hanno un carattere molto meno urbano. Questo fatto è confermato anche dal valore della mediana dei dati annui di Parco Antonelli che è di 2-3 volte maggiore di quella delle altre postazioni.

Va notato 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:

	<b>Borgo Aurelia</b>	<b>Parco Antonelli</b>	<b>Poggio Ombriccolo</b>	<b>Bagni S. Agostino</b>
<b>IPA totali [ng/m<sup>3</sup>]</b>	3.2	6.0	3.2	3.4
<b>IPA 2-4 anelli [ng/m<sup>3</sup>]</b>	2.8	5.4	2.9	3.0
<b>IPA 5-6 anelli [ng/m<sup>3</sup>]</b>	0.3	0.6	0.3	0.3
<i>IPA 5-6 anelli [%]</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>10</i>

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, che non è molto diversa da quella delle altre postazioni;
- gli IPA pesanti, tra i quali si annoverano composti cancerogeni, rappresentano solo il 9 - 10 % 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, NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e Cl<sup>-</sup>
- **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<sup>(10)</sup> che rimanda al già citato Rapporto ISTISAN 04/15<sup>(3)</sup>.

#### 3.4.1 Deposizioni atmosferiche umide

Tra gennaio ed dicembre 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	-	-	-	-
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	-	-	-	-

<sup>10</sup> 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
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	-	-	-	-
29.10.2009	04.11.2009	17	34	28	20
04.11.2009	10.11.2009	48	49	62	37
10.11.2009	16.11.2009	-	4	9	2
16.11.2009	22.11.2009	-	-	-	-
22.11.2009	28.11.2009	-	-	-	-
28.11.2009	04.12.2009	18	31	26	23
04.12.2009	10.12.2009	11	6	11	11
10.12.2009	16.12.2009	24	34	16	25
16.12.2009	22.12.2009	19	30	42	18
22.12.2009	28.12.2009	27	50	33	42
<b>Totale eventi</b>		28	28	29	29
<b>mm totali</b>		518	685	669	616

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
Novembre	66	85	97	61
Dicembre	80	121	103	96

### 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 marini <sup>(1)</sup>.

Le concentrazioni 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	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1617	1210	674	821	621	2306	-	-	827	1470	1662	2001
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	64.7	37.7	27.0	32.8	25	92	-	-	33	59	66	80
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	6.1	1.9	1.3	1.6	1.2	20.6	-	-	1.7	2.9	3.3	4.0
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	6.5	3.8	2.7	3.3	2	9	-	-	3	10	17	8
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	6.5	3.8	2.7	3.3	2.5	9.2	-	-	3.3	5.9	6.6	12.3
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	32.3	18.8	13.5	16.4	12.4	46.1	-	-	16.5	29.4	33.2	40.0
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	129.0	51.0	27.0	32.8	24.8	92.2	-	-	130.6	103.0	66.5	180.0
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	16.2	9.4	6.7	8.2	6.2	23.1	-	-	8.3	27.2	16.6	20.0
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	126.2	50.9	67.2	47.4	12.4	113.7	-	-	29.4	92.4	62.7	143.2
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	32.3	18.8	13.5	16.4	12.4	46.1	-	-	16.5	29.4	33.2	40.0
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	18.4	20.0	6.7	8.2	6.2	23.1	-	-	30.6	40.1	54.6	20.0
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	12.9	7.5	5.4	6.6	5.0	18.4	-	-	6.6	11.8	13.3	16.0
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	6.5	3.8	2.7	3.3	13.5	24.0	-	-	11.9	5.9	6.6	8.0
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	16.2	9.4	6.7	8.2	6.2	23.1	-	-	8.3	14.7	16.6	20.0
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	12.9	7.5	5.4	6.6	5.0	18.4	-	-	6.6	11.8	13.3	16.0
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	194.0	113.0	80.9	98.5	74.5	276.7	-	-	99.2	176.4	199.4	240.1
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	32.3	18.8	13.5	16.4	12.4	46.1	-	-	16.5	29.4	33.2	40.0
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	32.3	18.8	13.5	16.4	12.4	46.1	-	-	16.5	29.4	33.2	40.0
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	391.6	119.6	27.0	32.8	24.8	92.2	-	-	33.1	58.8	66.5	80.0
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	16.2	9.4	6.7	8.2	6.2	23.1	-	-	8.3	27.2	16.6	20.0
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	64.7	37.7	27.0	32.8	24.8	92.2	-	-	33.1	58.8	66.5	80.0
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2570.9	557.4	396.2	437.7	85	485	-	-	696	1133	619	1834
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> totali [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	113.4	59.9	79.3	49.6	50.2	111.9	-	-	82.1	64.0	89.5	127.6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	136.8	56.8	41.5	33.2	63.2	103.8	-	-	55.3	72.4	75.0	71.5
Cl <sup>-</sup> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	323.4	112.7	246.7	93.6	50.0	170.8	-	-	95.9	147.5	350.7	537.7
Ca [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	111.8	43.3	57.5	43.3	82.4	37.7	-	-	181.6	80.1	75.5	273.9
Na [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	161.3	64.7	142.6	49.6	28.4	102.7	-	-	61.6	83.6	189.7	301.7
Mg [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	22.1	10.6	23.2	10.8	8.2	14.1	-	-	29.2	13.9	24.6	47.5
K [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	15.2	9.3	38.3	22.0	10.9	10.6	-	-	39.6	22.8	26.0	46.9
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	8.9	8.1	10.7	7.5	7.0	28.8	-	-	5.6	5.7	4.8	10.1
<b>Metalli pesanti totali</b> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>5.41</b>	<b>2.33</b>	<b>1.43</b>	<b>1.66</b>	<b>1.00</b>	<b>3.93</b>	-	-	<b>2.04</b>	<b>3.43</b>	<b>3.11</b>	<b>4.94</b>
<b>Specie ioniche totali</b> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>893</b>	<b>365</b>	<b>640</b>	<b>310</b>	<b>300</b>	<b>581</b>	-	-	<b>551</b>	<b>490</b>	<b>836</b>	<b>1417</b>
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	73.7	44.0	44.3	37.4	43.2	86.6	-	-	66.9	43.4	42.9	53.4
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	39.7	15.9	35.1	12.2	7.0	25.3	-	-	15.2	20.6	84.8	36.1

<sup>1)</sup> 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 [µg/m <sup>3</sup> ]	2817	1280	2085	780	961	2619	-	-	1581	1807	2121	3019
As [µg/m <sup>3</sup> ]	90	37	41	31	38	104.8	-	-	63	72	85	121
Be [µg/m <sup>3</sup> ]	6.7	2.1	2.1	1.6	1.9	28.1	-	-	3.2	3.6	4.2	6.0
Cd [µg/m <sup>3</sup> ]	9.0	3.7	4.1	3.1	4	10.5	-	-	6.3	14.6	19.7	12.1
Co [µg/m <sup>3</sup> ]	9.0	3.7	4.1	3.1	3.8	10.5	-	-	6.3	7.2	8.5	12.1
Cr [µg/m <sup>3</sup> ]	45.1	18.7	20.6	15.6	19.2	52.4	-	-	31.6	36.1	42.4	60.4
Cu [µg/m <sup>3</sup> ]	95.5	37.4	41.1	31.2	38.4	104.8	-	-	63.2	72.3	84.8	120.8
Hg [µg/m <sup>3</sup> ]	22.6	9.3	10.3	7.8	9.6	26.2	-	-	15.8	18.1	21.2	30.2
Mn [µg/m <sup>3</sup> ]	82.8	64.5	141.7	24.5	65.8	107.6	-	-	117.3	63.9	101.9	256.4
Ni [µg/m <sup>3</sup> ]	45.1	18.7	20.6	15.6	19.2	52.4	-	-	31.6	36.1	42.4	60.4
Pb [µg/m <sup>3</sup> ]	26.6	13.0	10.3	7.8	9.6	26.2	-	-	51.3	49.7	59.2	30.2
Pd [µg/m <sup>3</sup> ]	18.0	7.5	8.2	6.2	7.7	21.0	-	-	12.6	14.5	17.0	24.2
Pt [µg/m <sup>3</sup> ]	9.0	3.7	4.1	3.1	20.9	19.6	-	-	22.5	11.4	8.5	12.1
Rh [µg/m <sup>3</sup> ]	22.6	9.3	10.3	7.8	9.6	26.2	-	-	15.8	18.1	21.2	30.2
Sb [µg/m <sup>3</sup> ]	18.0	7.5	8.2	6.2	7.7	21.0	-	-	12.6	14.5	17.0	24.2
Se [µg/m <sup>3</sup> ]	270.6	112.1	123.3	93.6	115.3	314.3	-	-	189.7	216.8	254.5	362.3
Sn [µg/m <sup>3</sup> ]	45.1	18.7	20.6	15.6	19.2	52.4	-	-	31.6	36.1	42.4	60.4
Te [µg/m <sup>3</sup> ]	45.1	18.7	20.6	15.6	19.2	52.4	-	-	31.6	36.1	42.4	60.4
Ti [µg/m <sup>3</sup> ]	423.4	124.7	68.9	31.2	38.4	104.8	-	-	63.2	72.3	84.8	120.8
Tl [µg/m <sup>3</sup> ]	22.6	9.3	10.3	7.8	9.6	26.2	-	-	15.8	18.1	21.2	30.2
V [µg/m <sup>3</sup> ]	90.2	37.4	41.1	31.2	38.4	104.8	-	-	63.2	72.3	84.8	120.8
Zn [µg/m <sup>3</sup> ]	7074	2533	234	104	38	104.8	-	-	382	700	877	3597
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> totali [mg/m <sup>3</sup> ]	112.5	84.6	102.1	32.6	37.5	122.5	-	-	70.7	65.9	79.7	219.8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/m <sup>3</sup> ]	213.0	76.3	61.0	19.2	41.5	112.1	-	-	86.6	79.1	54.6	157.9
Cl <sup>-</sup> [mg/m <sup>3</sup> ]	336.2	260.9	236.6	84.7	21.6	186.6	-	-	73.2	144.8	338.0	741.4
Ca [mg/m <sup>3</sup> ]	125.7	47.1	79.4	58.1	61.0	38.2	-	-	36.6	62.0	47.3	209.3
Na [mg/m <sup>3</sup> ]	166.9	150.4	133.3	50.8	18.7	116.0	-	-	46.1	84.8	195.8	404.9
Mg [mg/m <sup>3</sup> ]	22.1	20.0	20.1	9.5	4.2	14.9	-	-	6.9	20.8	24.8	56.2
K [mg/m <sup>3</sup> ]	16.6	8.7	8.4	3.3	2.8	6.4	-	-	5.2	8.0	9.8	19.9
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/m <sup>3</sup> ]	18.1	12.2	12.1	4.2	7.5	30.0	-	-	21.3	7.9	8.4	22.3
<b>Metalli pesanti totali</b> [mg/m <sup>3</sup> ]	<b>11.29</b>	<b>4.37</b>	<b>2.93</b>	<b>1.24</b>	<b>1.50</b>	<b>3.99</b>	-	-	<b>2.81</b>	<b>3.39</b>	<b>4.06</b>	<b>8.17</b>
<b>Specie ioniche totali</b> [mg/m <sup>3</sup> ]	<b>1011</b>	<b>660</b>	<b>653</b>	<b>263</b>	<b>195</b>	<b>627</b>	-	-	<b>347</b>	<b>473</b>	<b>758</b>	<b>1832</b>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> non marini [mg/m <sup>3</sup> ]	71.5	47.6	69.3	20.1	32.9	93.9	-	-	59.4	45.1	31.6	120.2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> marini [mg/m <sup>3</sup> ]	41.1	37.0	32.8	12.5	4.6	28.5	-	-	11.3	20.9	48.2	99.6

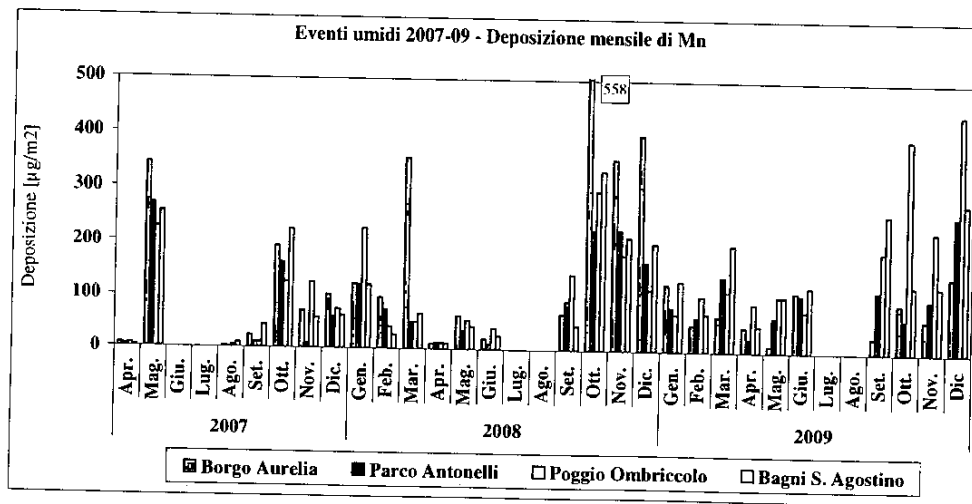
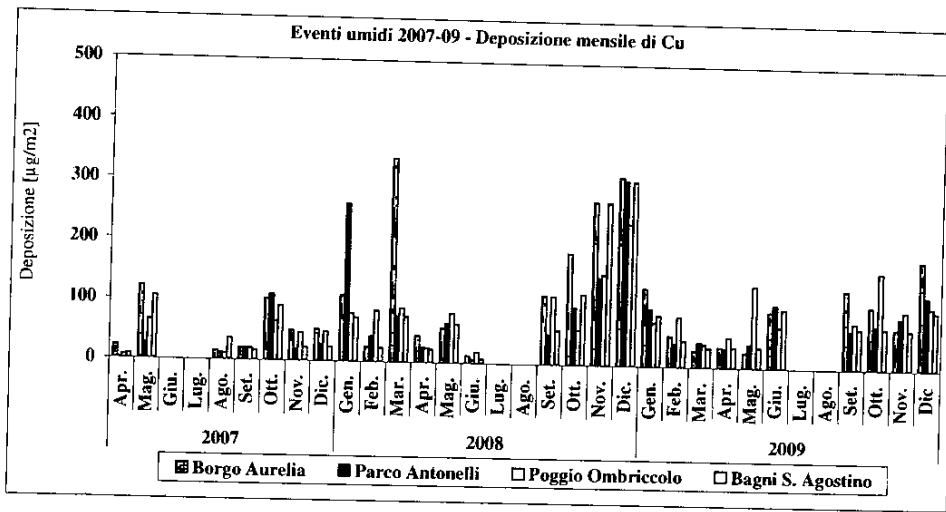
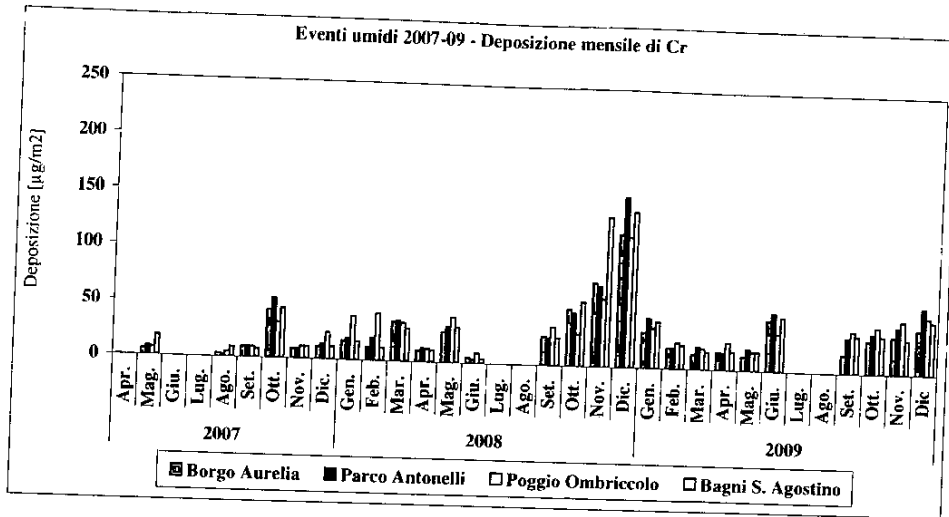
Le concentrazioni mensili di metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide della postazione di Poggio Ombriccolo sono riportate nella tabella seguente:

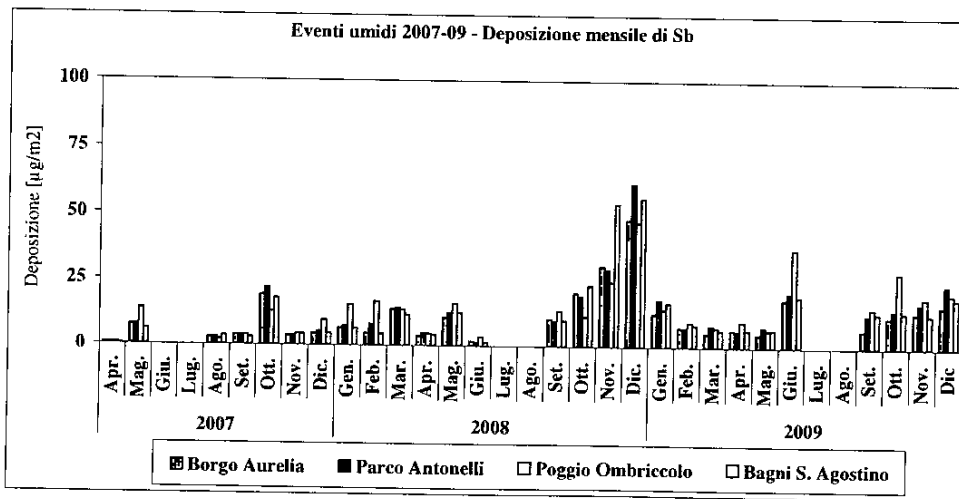
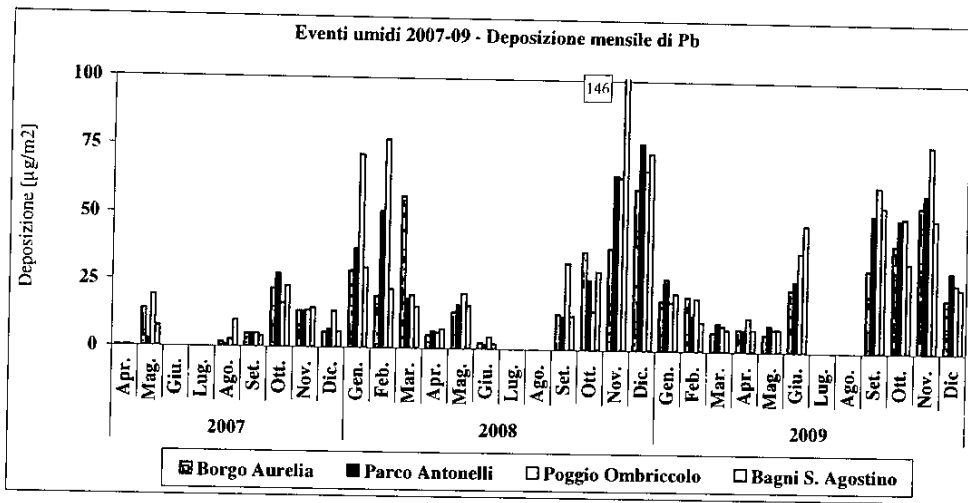
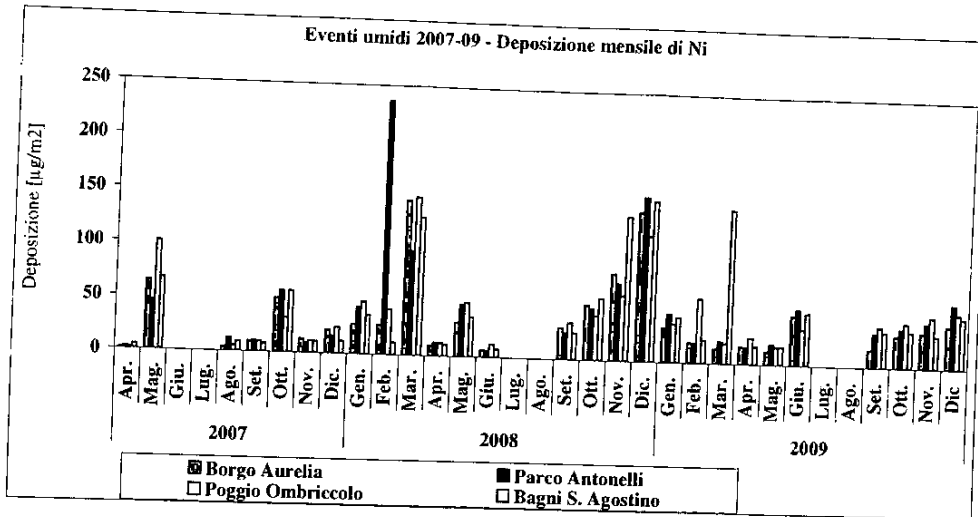
Postazione	Poggio Ombriccolo												
	Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2500	1295	950	1249	842	1701	-	-	1898	2106	2413	2584
As	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	73	48	38	50	34	68	-	-	76	84	97	103
Be	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	3.9	2.4	1.9	2.5	1.7	14.2	-	-	3.8	4.2	4.8	5.2
Cd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	7.3	4.8	3.8	5.0	3.4	6.8	-	-	7.6	14.8	25.1	10.3
Co	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	7.3	4.8	3.8	5.0	3.4	6.8	-	-	7.6	8.4	9.7	10.3
Cr	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	36.3	24.0	19.0	25.0	16.8	34.0	-	-	38.0	42.1	48.3	51.7
Cu	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	72.6	83.2	38.0	50.0	135.7	68.0	-	-	75.9	160.8	96.5	103.3
Hg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	18.2	12.0	9.5	12.5	8.4	17.0	-	-	19.0	21.1	24.1	25.8
Mn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	71.1	104.9	114.3	92.0	105.5	78.1	-	-	189.3	396.7	228.4	443.0
Ni	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	36.3	60.9	19.0	25.0	16.8	34.0	-	-	38.0	42.1	48.3	51.7
Pb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	18.2	19.5	9.5	12.5	8.4	36.9	-	-	62.0	50.5	77.1	25.8
Pd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	14.5	9.6	7.6	10.0	6.7	13.6	-	-	15.2	16.8	19.3	20.7
Pt	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	7.3	4.8	3.8	5.0	18.3	19.4	-	-	26.9	8.4	9.7	10.3
Rh	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	18.2	12.0	9.5	12.5	8.4	17.0	-	-	19.0	21.1	24.1	25.8
Sb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	14.5	9.6	7.6	10.0	6.7	37.2	-	-	15.2	28.6	19.3	20.7
Se	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	217.8	144.2	113.9	149.9	101.1	204.1	-	-	227.8	252.7	289.6	310.0
Sn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	36.3	24.0	19.0	25.0	16.8	34.0	-	-	38.0	42.1	48.3	51.7
Te	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	36.3	24.0	19.0	25.0	16.8	34.0	-	-	38.0	42.1	48.3	51.7
Ti	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	203.9	104.0	38.0	50.0	33.7	68.0	-	-	75.9	84.2	96.5	103.3
Tl	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	18.2	12.0	9.5	12.5	8.4	17.0	-	-	19.0	21.1	24.1	25.8
V	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	72.6	48.1	38.0	50.0	33.7	68.0	-	-	75.9	84.2	96.5	103.3
Zn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2455	1160	808	1107	34	1822	-	-	1685	2687	1559	4131
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> totali	[mg/m <sup>3</sup> ]	91.3	63.1	68.4	60.6	37.8	80.8	-	-	104.1	85.9	80.7	162.6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[mg/m <sup>3</sup> ]	88.1	71.9	45.5	56.7	20.6	72.1	-	-	136.0	66.9	61.3	132.2
Cl <sup>-</sup>	[mg/m <sup>3</sup> ]	290.2	126.2	179.7	78.3	37.1	136.8	-	-	141.3	195.7	306.0	511.6
Ca	[mg/m <sup>3</sup> ]	47.3	37.8	47.9	27.7	37.0	21.4	-	-	50.7	59.5	35.2	110.8
Na	[mg/m <sup>3</sup> ]	144.5	73.8	103.8	48.2	32.3	82.5	-	-	88.7	115.1	173.0	289.1
Mg	[mg/m <sup>3</sup> ]	18.0	10.8	14.2	7.3	4.3	10.7	-	-	19.2	20.5	21.9	37.9
K	[mg/m <sup>3</sup> ]	9.0	5.1	6.2	5.1	1.7	5.6	-	-	13.7	15.6	9.2	13.0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[mg/m <sup>3</sup> ]	9.5	11.7	11.6	17.4	1.7	19.5	-	-	26.2	11.7	11.1	20.1
<b>Metalli pesanti totali</b>	[mg/m <sup>3</sup> ]	<b>5.94</b>	<b>3.21</b>	<b>2.28</b>	<b>2.99</b>	<b>1.46</b>	<b>4.40</b>	-	-	<b>4.65</b>	<b>6.22</b>	<b>5.31</b>	<b>8.27</b>
<b>Specie ioniche totali</b>	[mg/m <sup>3</sup> ]	<b>698</b>	<b>400</b>	<b>477</b>	<b>301</b>	<b>172</b>	<b>430</b>	-	-	<b>580</b>	<b>571</b>	<b>698</b>	<b>1277</b>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> non marini	[mg/m <sup>3</sup> ]	55.7	45.0	42.9	48.8	29.9	60.5	-	-	82.3	57.6	38.1	91.5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> marini	[mg/m <sup>3</sup> ]	35.6	18.1	25.5	11.9	7.9	20.3	-	-	21.8	28.3	42.6	71.1

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

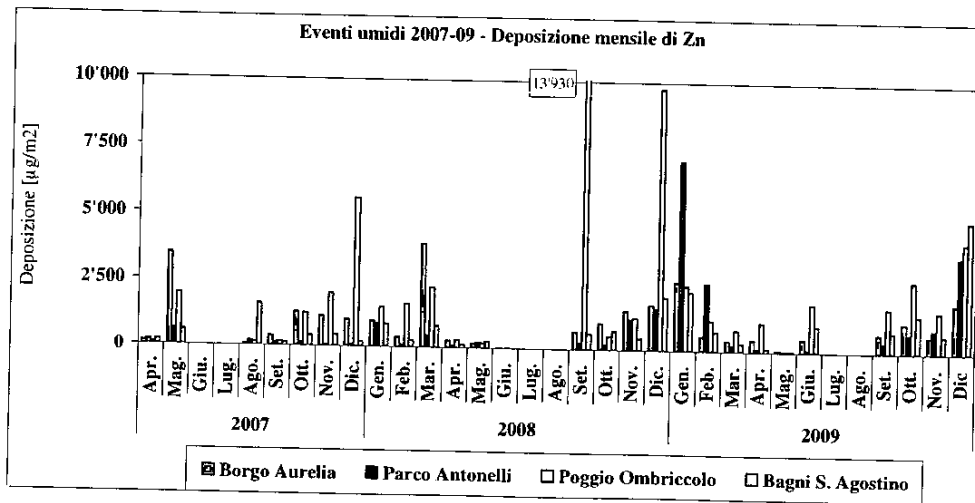
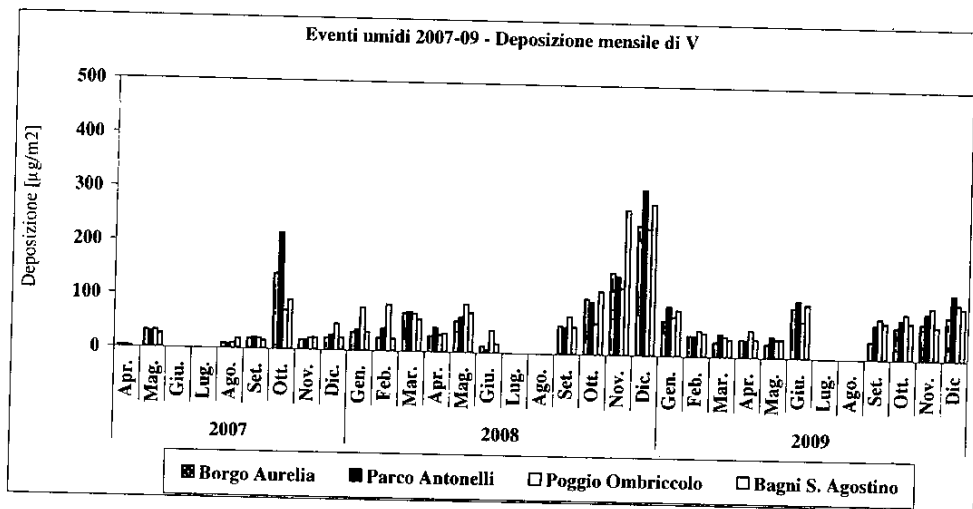
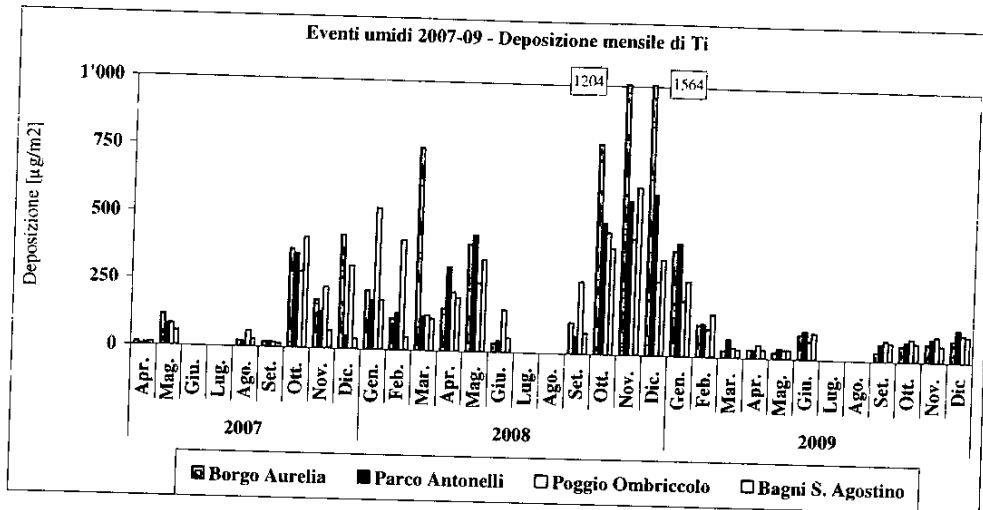
Postazione	Bagni S. Agostino											
	Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov
Al [µg/m <sup>3</sup> ]	2592	1664	797	827	840	2439	-	-	1667	1697	1536	2396
As [µg/m <sup>3</sup> ]	85	43	32	33	34	98	-	-	67	68	61	96
Be [µg/m <sup>3</sup> ]	7.5	2.1	1.6	1.7	1.7	19.6	-	-	3.3	3.4	3.1	4.8
Cd [µg/m <sup>3</sup> ]	8.5	4.3	3.2	3.3	3.4	9.8	-	-	6.7	11.4	14.3	9.6
Co [µg/m <sup>3</sup> ]	8.5	4.3	3.2	3.3	3.4	9.8	-	-	6.7	6.8	6.1	12.6
Cr [µg/m <sup>3</sup> ]	42.3	21.5	15.9	16.5	16.8	48.8	-	-	33.3	33.9	30.7	47.9
Cu [µg/m <sup>3</sup> ]	84.5	43.0	31.9	33.1	33.6	97.5	-	-	66.7	67.9	65.2	95.9
Hg [µg/m <sup>3</sup> ]	21.1	10.7	8.0	8.3	8.4	24.4	-	-	16.7	17.0	15.4	24.0
Mn [µg/m <sup>3</sup> ]	132.5	71.4	199.9	49.5	105.1	124.3	-	-	258.9	128.2	126.7	279.1
Ni [µg/m <sup>3</sup> ]	42.3	21.5	144.0	16.5	16.8	48.8	-	-	33.3	33.9	30.7	47.9
Pb [µg/m <sup>3</sup> ]	21.1	10.7	8.0	8.3	8.4	47.2	-	-	54.5	33.4	49.8	24.0
Pd [µg/m <sup>3</sup> ]	16.9	8.6	6.4	6.6	6.7	19.5	-	-	13.3	13.6	12.3	19.2
Pt [µg/m <sup>3</sup> ]	8.5	4.3	3.2	3.3	18.3	29.1	-	-	22.9	6.8	6.1	9.6
Rh [µg/m <sup>3</sup> ]	21.1	10.7	8.0	8.3	8.4	24.4	-	-	16.7	17.0	15.4	24.0
Sb [µg/m <sup>3</sup> ]	16.9	8.6	6.4	6.6	6.7	19.5	-	-	13.3	13.6	12.8	19.2
Se [µg/m <sup>3</sup> ]	253.6	128.9	95.6	99.2	100.8	292.6	-	-	200.1	203.6	184.3	287.6
Sn [µg/m <sup>3</sup> ]	42.3	21.5	15.9	16.5	16.8	48.8	-	-	33.3	33.9	30.7	47.9
Te [µg/m <sup>3</sup> ]	42.3	21.5	15.9	16.5	16.8	48.8	-	-	33.3	33.9	30.7	47.9
Ti [µg/m <sup>3</sup> ]	278.4	156.1	31.9	33.1	33.6	97.5	-	-	66.7	67.9	61.4	95.9
Tl [µg/m <sup>3</sup> ]	21.1	10.7	8.0	8.3	8.4	24.4	-	-	16.7	17.0	15.4	24.0
V [µg/m <sup>3</sup> ]	84.5	43.0	31.9	33.1	33.6	97.5	-	-	66.7	67.9	61.4	95.9
Zn [µg/m <sup>3</sup> ]	2229	725	299	141	34	980	-	-	777	1405	655	4929
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> totali [mg/m <sup>3</sup> ]	101.2	70.0	65.0	62.0	59.2	124.6	-	-	102.6	59.6	55.3	169.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/m <sup>3</sup> ]	126.1	92.0	41.8	40.6	90.2	96.2	-	-	88.2	46.4	39.5	108.5
Cl <sup>-</sup> [mg/m <sup>3</sup> ]	295.1	182.4	145.2	113.3	48.3	270.2	-	-	37.5	162.8	226.0	603.9
Ca [mg/m <sup>3</sup> ]	58.6	42.1	45.1	49.5	78.9	41.0	-	-	23.3	20.7	22.9	135.9
Na [mg/m <sup>3</sup> ]	151.7	99.5	82.8	66.3	34.3	160.0	-	-	23.7	93.2	131.5	321.6
Mg [mg/m <sup>3</sup> ]	19.4	14.1	11.7	10.8	7.0	21.3	-	-	4.0	12.5	16.4	44.0
K [mg/m <sup>3</sup> ]	8.2	5.1	6.4	5.0	3.1	11.6	-	-	5.1	6.1	6.5	16.0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/m <sup>3</sup> ]	14.6	8.6	9.3	9.3	12.3	26.0	-	-	29.7	10.1	3.4	15.1
<b>Metalli pesanti totali</b> [mg/m <sup>3</sup> ]	<b>6.06</b>	<b>3.04</b>	<b>1.77</b>	<b>1.37</b>	<b>1.36</b>	<b>4.65</b>	-	-	<b>3.47</b>	<b>3.98</b>	<b>3.02</b>	<b>8.64</b>
<b>Specie ioniche totali</b> [mg/m <sup>3</sup> ]	<b>775</b>	<b>514</b>	<b>407</b>	<b>357</b>	<b>333</b>	<b>751</b>	-	-	<b>314</b>	<b>411</b>	<b>502</b>	<b>1414</b>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> non marini [mg/m <sup>3</sup> ]	63.9	45.6	44.6	45.7	50.7	85.2	-	-	96.8	36.6	22.9	90.4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> marini [mg/m <sup>3</sup> ]	37.3	24.5	20.4	16.3	8.4	39.4	-	-	5.8	22.9	32.4	79.1

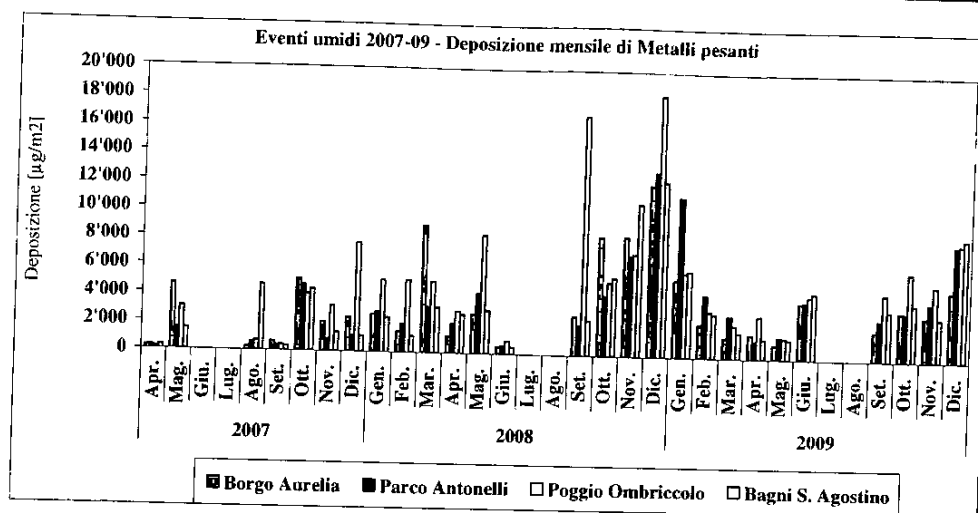








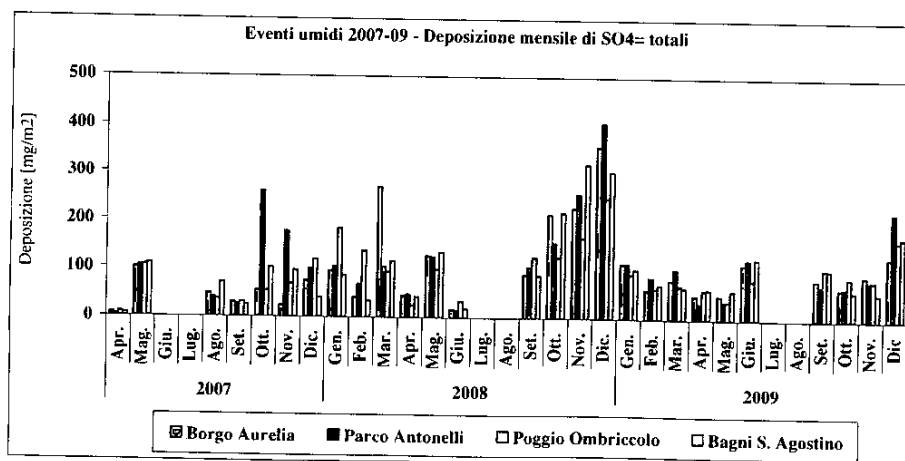


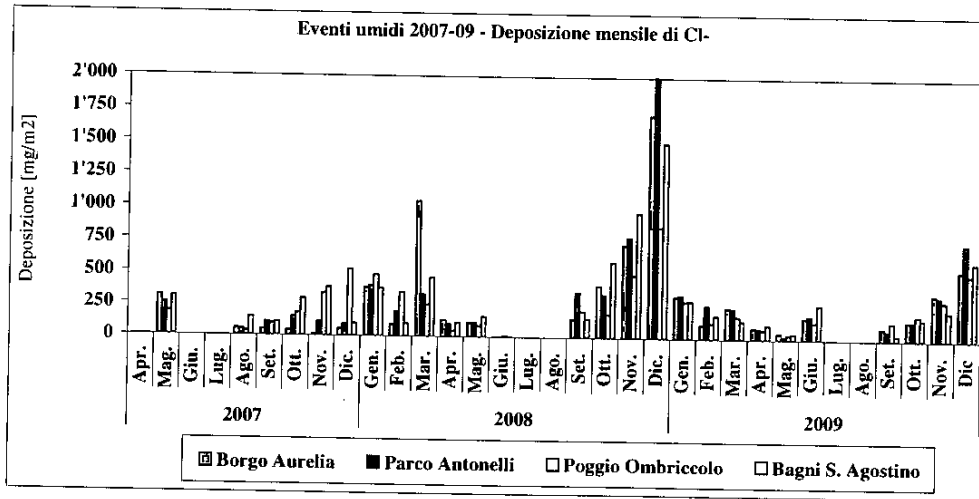
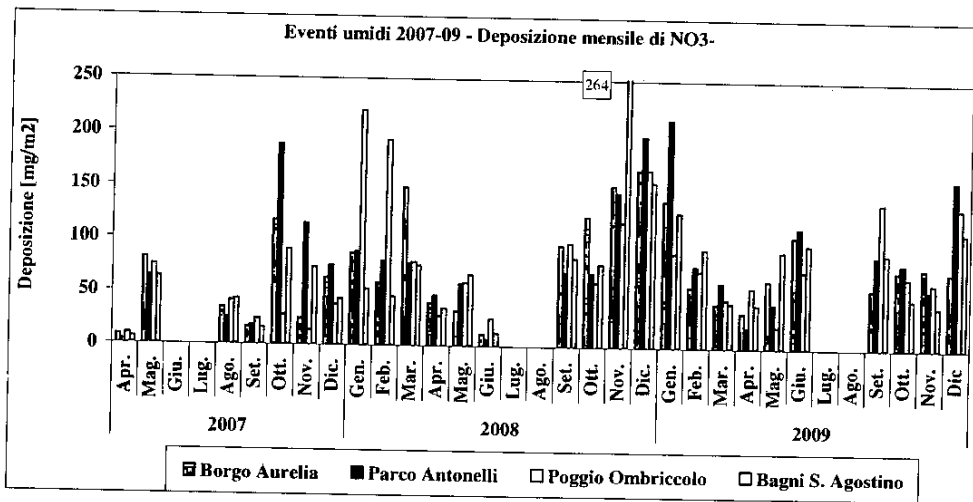
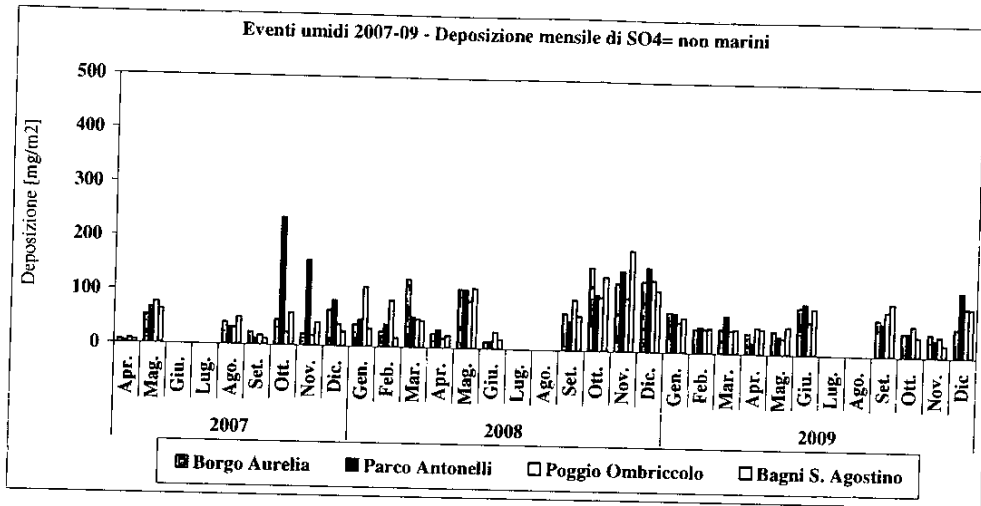


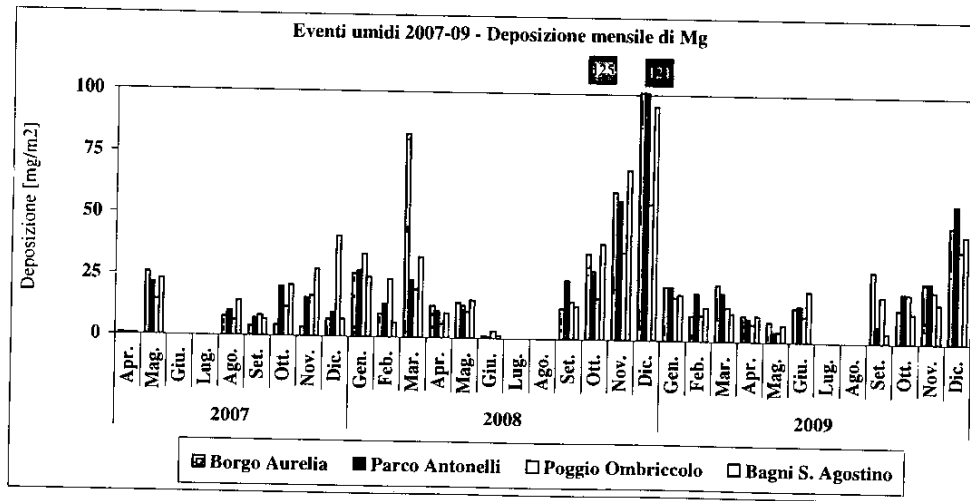
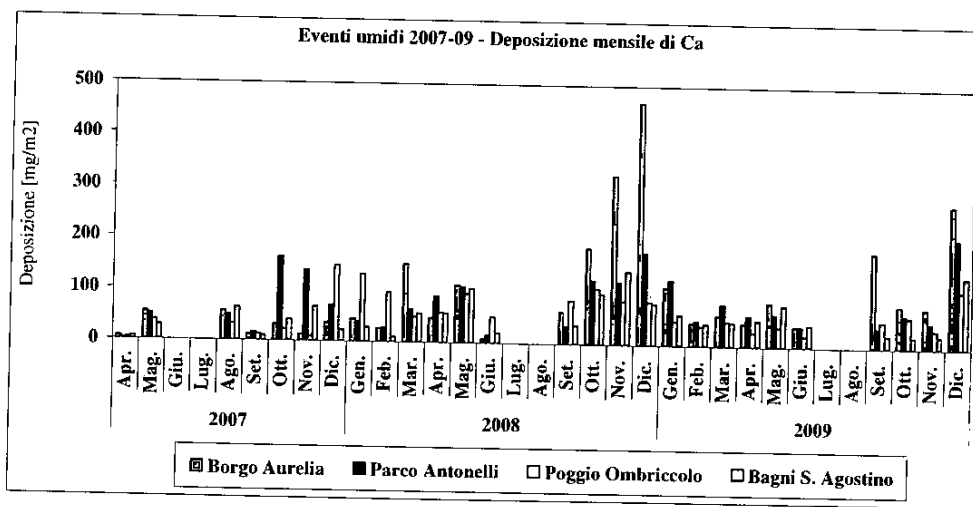
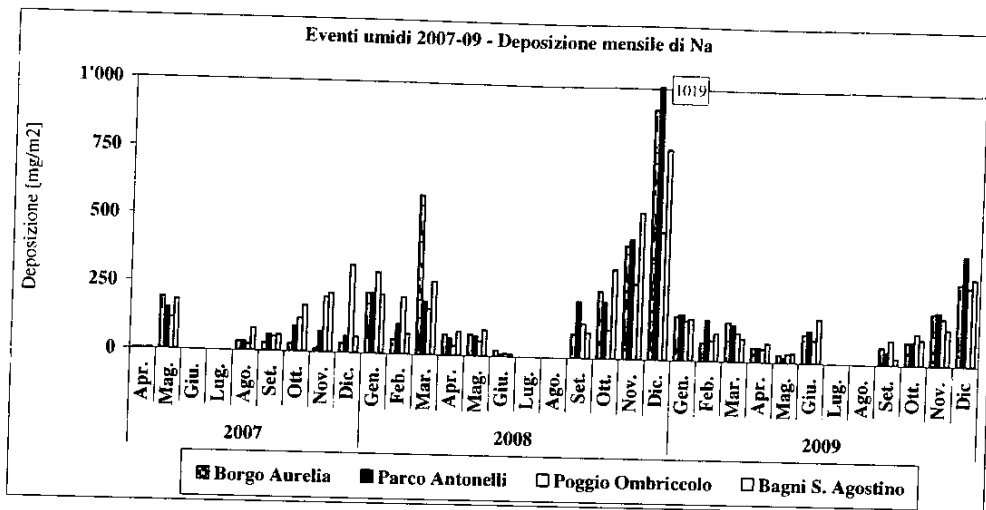
Facendo riferimento alle tabelle e figure precedenti, si possono fare alcune considerazioni:

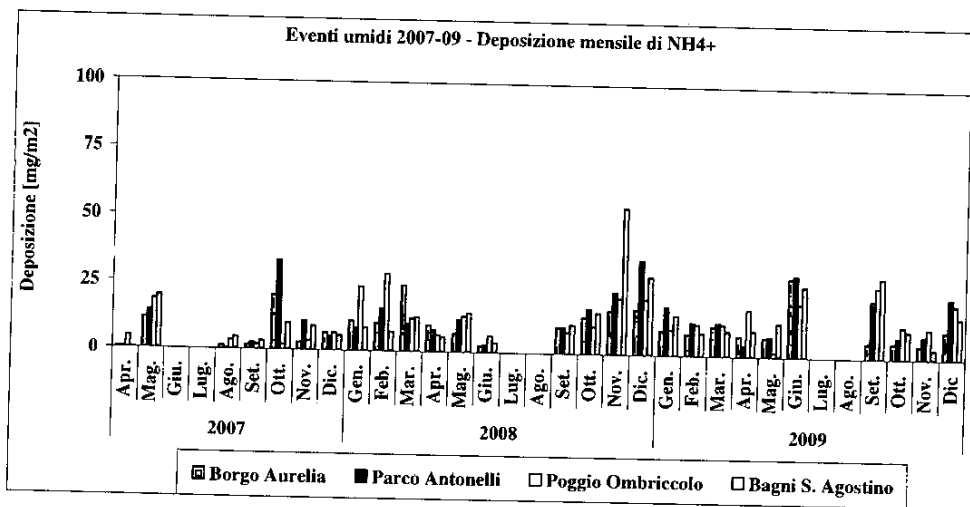
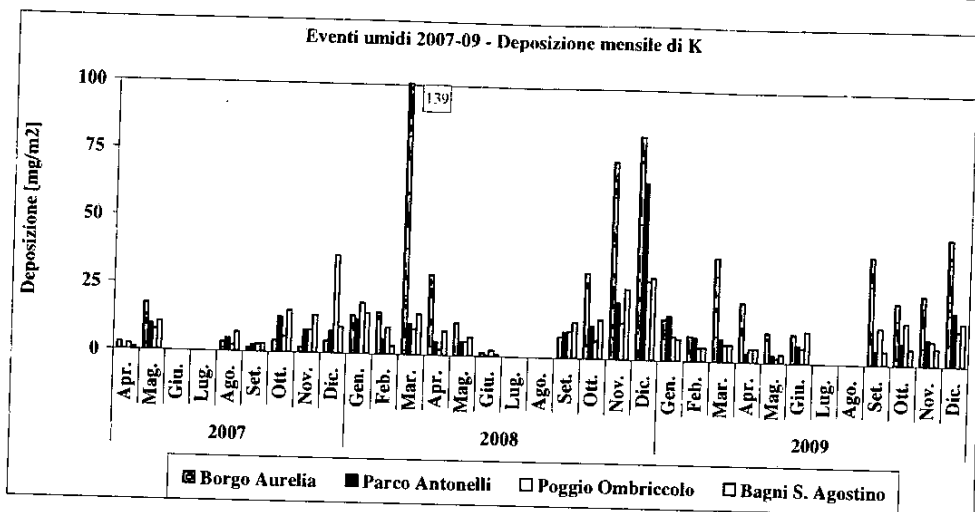
- il maggiore apporto di metalli da deposizioni umide si è avuto in gennaio a Borgo Aurelia e Parco Antonelli, in dicembre nelle altre postazioni. In tutte le postazioni, si è avuto un andamento delle deposizioni di metalli molto simile: da gennaio a maggio vi è stata una progressiva diminuzione dell'entità delle deposizioni fino a maggio, mese in cui si sono avute le minime deposizioni dell'anno, per risalire a giugno in coincidenza con un significativo incremento delle precipitazioni. Da giugno a dicembre, con la pausa di luglio ed agosto in cui non vi sono state precipitazioni, vi è stato un incremento delle deposizioni di metalli, molto simile a quello avvenuto nello stesso periodo del 2008;
- i metalli pesanti maggiormente presenti nelle deposizioni umide sono stati Al e Zn, che da soli costituiscono il 75-79% dei metalli totali depositati;
- per la maggior parte dei metalli pesanti ricercati non sembra esserci stata una postazione sistematicamente interessata da deposizioni nettamente più abbondanti rispetto alle altre, salvo casi come le deposizioni di Zn a Poggio Ombriccolo da maggio a novembre. Sono altresì avvenuti mensilmente casi episodici come quelli che hanno interessato Poggio Ombriccolo (maggiori deposizioni relative di Cu in maggio ed ottobre, di Mn tra ottobre e dicembre, di Ni in febbraio, di Pb in settembre e novembre e Sb in giugno e ottobre), di Ni a marzo a Bagni S. Agostino, di Zn a Parco Antonelli in gennaio e febbraio. Tali andamenti sembrano più legati ad estemporanei 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 nell'anno 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 di specie ioniche nel periodo invernale non dissimile qualitativamente da quello avvenuto nel corrispondente periodo del 2008, ma inferiore quantitativamente. Anche nel 2009, risalta l'elevata deposizione di sali marini che di gran lunga rappresentano la specie in assoluto più abbondante; come si vedrà più avanti, il solo NaCl costituisce su base annuale oltre il 50% delle specie ioniche 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	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

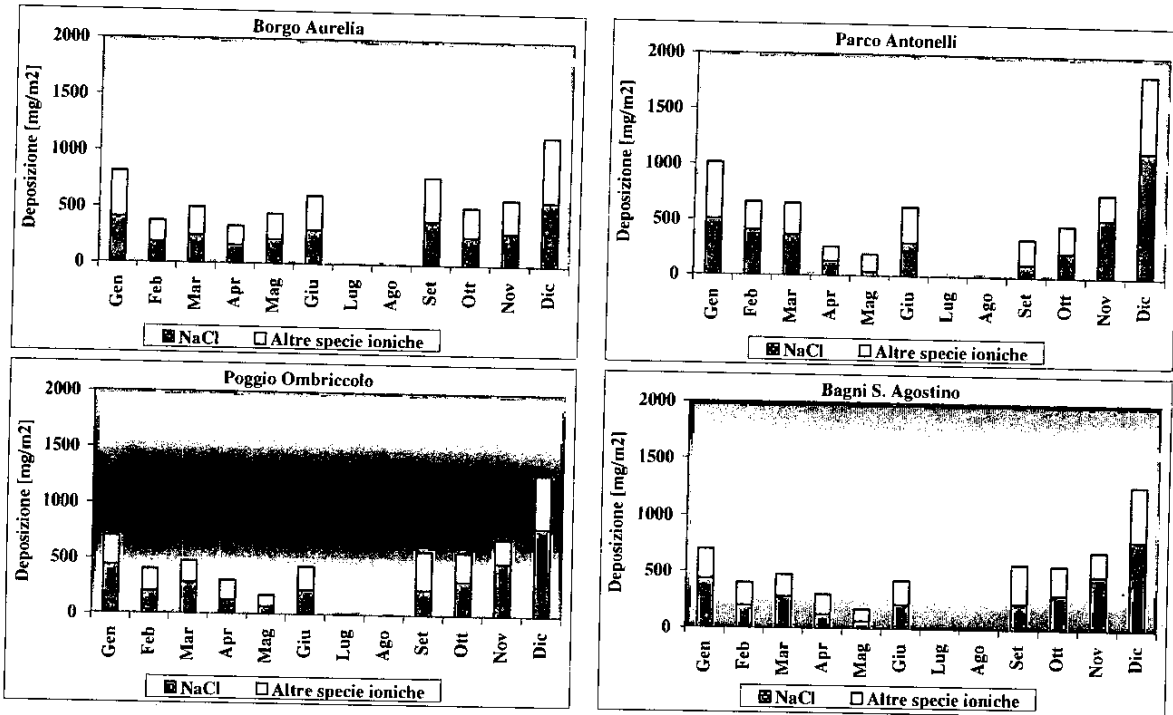
Postazione	Data Inizio	Data Fine	Na/Cl mass ratio
Borgo Aurelia	14.01.09	20.01.09	0.48
Parco Antonelli	14.01.09	20.01.09	<b>0.52</b>
Poggio Ombriccolo	14.01.09	20.01.09	0.50
Bagni S. Agostino	14.01.09	20.01.09	<b>0.53</b>
Borgo Aurelia	20.01.09	26.01.09	0.48
Parco Antonelli	20.01.09	26.01.09	0.47
Poggio 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	<b>0.57</b>
Parco Antonelli	26.01.09	01.02.09	<b>0.55</b>
Poggio Ombriccolo	26.01.09	01.02.09	<b>0.56</b>
Bagni S. Agostino	26.01.09	01.02.09	<b>0.56</b>
Borgo Aurelia	01.02.09	07.02.09	<b>0.59</b>
Parco Antonelli	01.02.09	07.02.09	<b>0.60</b>
Poggio Ombriccolo	01.02.09	07.02.09	0.68
Bagni S. Agostino	01.02.09	07.02.09	<b>0.60</b>
Borgo Aurelia	07.02.09	13.02.09	<b>0.56</b>
Parco Antonelli	07.02.09	13.02.09	<b>0.56</b>
Poggio Ombriccolo	07.02.09	13.02.09	<b>0.56</b>
Bagni S. Agostino	07.02.09	13.02.09	<b>0.54</b>
Borgo Aurelia	19.02.09	25.02.09	<b>0.54</b>
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	<b>0.52</b>
Borgo Aurelia	25.02.09	03.03.09	0.65
Parco Antonelli	25.02.09	03.03.09	<b>0.60</b>
Poggio Ombriccolo	25.02.09	03.03.09	0.65
Bagni S. Agostino	25.02.09	03.03.09	<b>0.56</b>
Borgo Aurelia	03.03.09	09.03.09	0.64
Parco Antonelli	03.03.09	09.03.09	<b>0.56</b>
Poggio Ombriccolo	03.03.09	09.03.09	<b>0.57</b>
Bagni S. Agostino	03.03.09	09.03.09	<b>0.57</b>
Borgo Aurelia	27.03.09	02.04.09	0.49
Parco Antonelli	27.03.09	02.04.09	<b>0.60</b>
Poggio Ombriccolo	27.03.09	02.04.09	0.63
Bagni S. Agostino	27.03.09	02.04.09	<b>0.56</b>
Borgo Aurelia	14.04.09	20.04.09	0.44
Parco Antonelli	14.04.09	20.04.09	<b>0.55</b>
Poggio Ombriccolo	14.04.09	20.04.09	<b>0.57</b>
Bagni S. Agostino	14.04.09	20.04.09	<b>0.54</b>
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
Borgo Aurelia	26.04.09	02.05.09	<b>0.55</b>
Parco Antonelli	26.04.09	02.05.09	<b>0.60</b>
Poggio Ombriccolo	26.04.09	02.05.09	0.62
Bagni S. Agostino	26.04.09	02.05.09	<b>0.59</b>
Borgo Aurelia	26.05.09	01.06.09	<b>0.57</b>
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

Postazione	Data Inizio	Data Fine	Na/Cl mass ratio
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	<b>0.60</b>
Parco Antonelli	17.09.09	23.09.09	<b>0.62</b>
Poggio Ombriccolo	17.09.09	23.09.09	0.65
Bagni S. Agostino	17.09.09	23.09.09	<b>0.59</b>
Borgo Aurelia	05.10.09	11.10.09	<b>0.57</b>
Parco Antonelli	05.10.09	11.10.09	<b>0.61</b>
Poggio Ombriccolo	05.10.09	11.10.09	<b>0.60</b>
Bagni S. Agostino	05.10.09	11.10.09	0.63
Borgo Aurelia	17.10.09	23.10.09	<b>0.61</b>
Parco Antonelli	17.10.09	23.10.09	0.67
Poggio Ombriccolo	17.10.09	23.10.09	<b>0.54</b>
Bagni S. Agostino	17.10.09	23.10.09	0.64
Borgo Aurelia	29.10.09	04.11.09	<b>0.56</b>
Parco Antonelli	29.10.09	04.11.09	<b>0.58</b>
Poggio Ombriccolo	29.10.09	04.11.09	<b>0.59</b>
Bagni S. Agostino	29.10.09	04.11.09	<b>0.56</b>
Borgo Aurelia	04.11.09	10.11.09	<b>0.55</b>
Parco Antonelli	04.11.09	10.11.09	<b>0.59</b>
Poggio Ombriccolo	04.11.09	10.11.09	<b>0.57</b>
Bagni S. Agostino	04.11.09	10.11.09	<b>0.58</b>
Parco Antonelli	10.11.09	16.11.09	<b>0.59</b>
Poggio Ombriccolo	10.11.09	16.11.09	<b>0.61</b>
Bagni S. Agostino	10.11.09	16.11.09	0.68
Borgo Aurelia	28.11.09	04.12.09	<b>0.53</b>
Parco Antonelli	28.11.09	04.12.09	<b>0.57</b>
Poggio Ombriccolo	28.11.09	04.12.09	<b>0.56</b>
Bagni S. Agostino	28.11.09	04.12.09	<b>0.58</b>
Borgo Aurelia	04.12.09	10.12.09	<b>0.58</b>
Parco Antonelli	04.12.09	10.12.09	<b>0.57</b>
Poggio Ombriccolo	04.12.09	10.12.09	<b>0.59</b>
Bagni S. Agostino	04.12.09	10.12.09	<b>0.61</b>
Borgo Aurelia	10.12.09	16.12.09	0.68
Parco Antonelli	10.12.09	16.12.09	<b>0.58</b>
Poggio Ombriccolo	10.12.09	16.12.09	0.62
Bagni S. Agostino	10.12.09	16.12.09	<b>0.59</b>
Borgo Aurelia	16.12.09	22.12.09	<b>0.54</b>
Parco Antonelli	16.12.09	22.12.09	<b>0.54</b>
Poggio Ombriccolo	16.12.09	22.12.09	<b>0.55</b>
Bagni S. Agostino	16.12.09	22.12.09	<b>0.51</b>
Borgo Aurelia	22.12.09	28.12.09	<b>0.59</b>
Parco Antonelli	22.12.09	28.12.09	<b>0.56</b>
Poggio Ombriccolo	22.12.09	28.12.09	<b>0.58</b>
Bagni S. Agostino	22.12.09	28.12.09	<b>0.56</b>

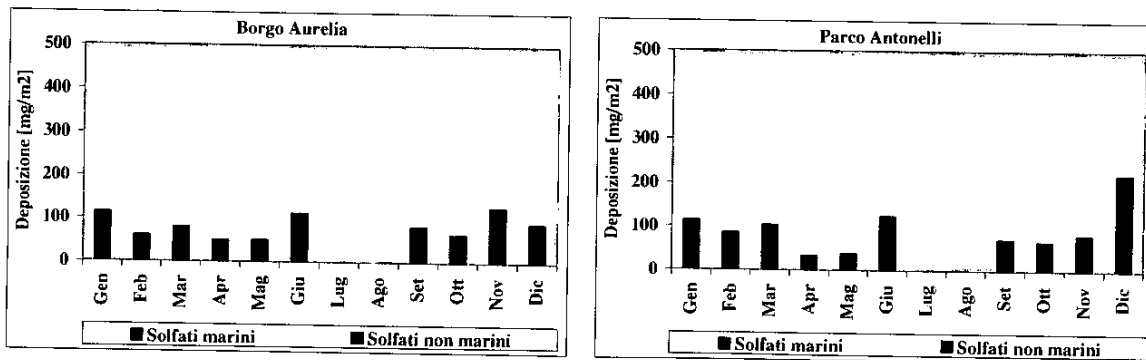
Nella tabella precedente, sono stati evidenziati con sfondo azzurro i campioni in cui il rapporto Na/Cl rimane compreso entro  $\pm$  il 10% del rapporto nell'acqua di mare. Questi campioni possono essere considerati influenzati da masse di aria marina di origine molto recente. E' noto dalla letteratura <sup>(12)</sup> che masse di aria marina meno recenti subiscono un progressivo impoverimento del contenuto di Cl<sup>-</sup> a causa

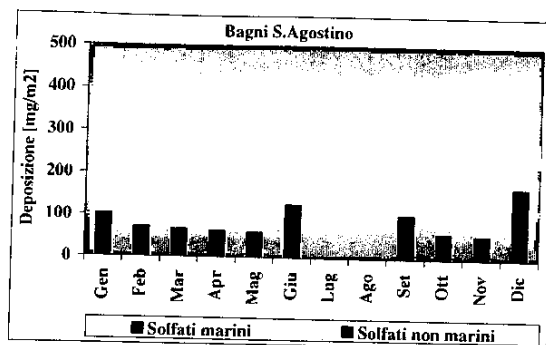
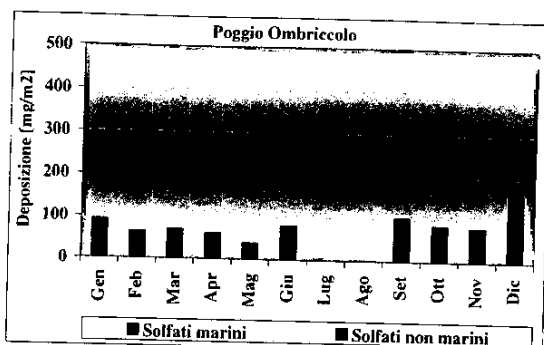
<sup>12</sup> D. Moller (1990), Tellus B 42, 254-262

della reazione con  $\text{HNO}_3$  che porta alla formazione di  $\text{HCL}$ , il quale si volatilizza. La conseguenza è che nelle precipitazioni umide si può avere un rapporto  $\text{Na/Cl}$  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  $\text{NaCl}$  e in giallo quelle di tutte le altre specie ioniche.



Nel 2009, le deposizioni di specie ioniche sono state quindi ancora fortemente influenzate da quelle di origine marina e il solo  $\text{NaCl}$  ha contato, a seconda del mese, per il 26-65% delle specie ioniche totali depositate a Borgo Aurelia, per 21-70% a Parco Antonelli, per il 40-69% a Poggio Ombriccolo e 19-71% 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 apporti di solfati marini.

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

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino	
Data Inizio		02.01.2009	02.01.2009	02.01.2009	02.01.2009	
Data Fine		28.12.2009	28.12.2009	28.12.2009	28.12.2009	
	Al	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	13209	19070	17537	16455
	As	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	518	684	670	615
	Be	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	45	60	45	49
	Cd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	66	87	89	74
	Co	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	56	68	67	65
	Cr	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	259	342	335	308
	Cu	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	837	690	884	619
	Hg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	142	171	168	154
	Mn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	746	1026	1823	1476
	Ni	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	259	342	372	436
	Pb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	228	284	320	265
	Pd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	104	137	134	123
	Pt	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	86	115	114	112
	Rh	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	129	171	168	154
	Sb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	104	137	169	124
	Se	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1553	2053	2011	1846
	Sn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	259	342	335	308
	Te	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	259	342	335	308
	Ti	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	926	1132	858	923
	Tl	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	142	171	168	154
	V	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	518	684	670	615
	Zn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	8814	15645	17448	12174
	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	827'473	927'943	835'457	868'873
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	709'500	901'373	751'461	769'605
	Cl <sup>-</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2'129'095	2'424'129	2'003'006	2'084'645
	Ca	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	987'103	764'730	475'412	518'030
	Na	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1'185'999	1'367'814	1'150'961	1'164'544
	Mg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	204'154	199'553	164'734	161'112
	K	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	241'705	89'140	84'190	73'191
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	97'171	144'024	140'588	138'424
	<b>Metalli pesanti totali</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>29.3</b>	<b>43.8</b>	<b>44.7</b>	<b>37.4</b>
	<b>Specie ioniche totali</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>6382</b>	<b>6819</b>	<b>5606</b>	<b>5778</b>
	<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup> non marini</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>536</b>	<b>591</b>	<b>552</b>	<b>582</b>
	<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup> marini</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>292</b>	<b>336</b>	<b>283</b>	<b>286</b>
	<b>NaCl</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>3315</b>	<b>3792</b>	<b>3154</b>	<b>3249</b>



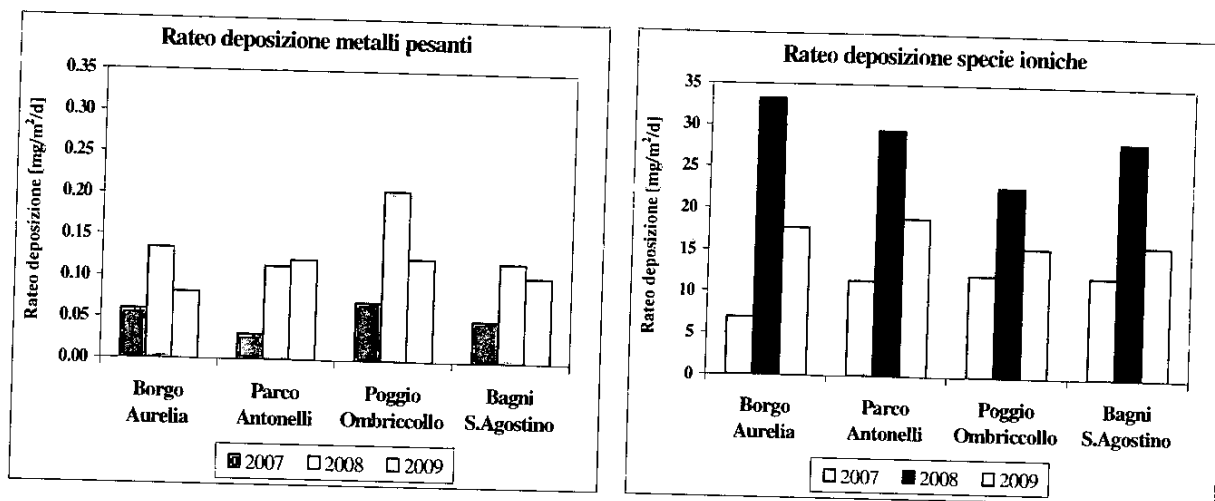
Le deposizioni totali di metalli e specie ioniche sono state abbastanza uniformi in tutte le postazioni: 29 – 45 mg/m<sup>2</sup> di metalli e 5.6 – 6.8 g/m<sup>2</sup> di specie ioniche. Le deposizioni più abbondanti sono state quindi dovute alle specie ioniche e, tra queste sono state preponderanti quelle attribuibili al cloruro di sodio come sale (NaCl), in ragione di 3.1 – 3.8 g/m<sup>2</sup> depositati, cui si aggiungono 0.8 – 0.9 g/m<sup>2</sup> di solfati totali, 0.7 – 0.9 g/m<sup>2</sup> di nitrati e 0.5 – 0.9 g/m<sup>2</sup> di calcio.

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

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Al	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	36.7	53.0	48.7	45.7
As	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.44	1.90	1.86	1.71
Be	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.12	0.17	0.12	0.14
Cd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.18	0.24	0.25	0.21
Co	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.16	0.19	0.19	0.18
Cr	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.72	0.95	0.93	0.85
Cu	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	2.32	1.92	2.46	1.72
Hg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.39	0.48	0.47	0.43
Mn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	2.07	2.85	5.06	4.10
Ni	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.72	0.95	1.03	1.21
Pb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.63	0.79	0.89	0.74
Pd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.29	0.38	0.37	0.34
Pt	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.24	0.32	0.32	0.31
Rh	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.36	0.48	0.47	0.43
Sb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.29	0.38	0.47	0.34
Se	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	4.31	5.70	5.59	5.13
Sn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.72	0.95	0.93	0.85
Te	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.72	0.95	0.93	0.85
Ti	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	2.57	3.15	2.38	2.56
Tl	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.39	0.48	0.47	0.43
V	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.44	1.90	1.86	1.71
Zn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	24.5	43.5	48.5	33.8
SO <sub>4</sub> -- totali	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	2'299	2'578	2'321	2'414
NO <sub>3</sub> --	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1'971	2'504	2'087	2'138
Cl--	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	5'914	6'734	5'564	5'791
Ca	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	2'742	2'124	1'321	1'439
Na	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3'294	3'799	3'197	3'235
Mg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	567	554	458	448
K	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	671	248	234	203
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	270	400	391	385
<b>Metalli pesanti totali</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	<b>0.08</b>	<b>0.12</b>	<b>0.12</b>	<b>0.10</b>
<b>Specie ioniche totali</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	<b>17.7</b>	<b>18.9</b>	<b>15.6</b>	<b>16.1</b>

Considerando il rateo giornaliero di deposizione per il 2009, si osserva una deposizione media giornaliera di 0.08 – 0.12 mg/m<sup>2</sup> di metalli pesanti e di 16 – 19 mg/m<sup>2</sup> di specie ioniche.

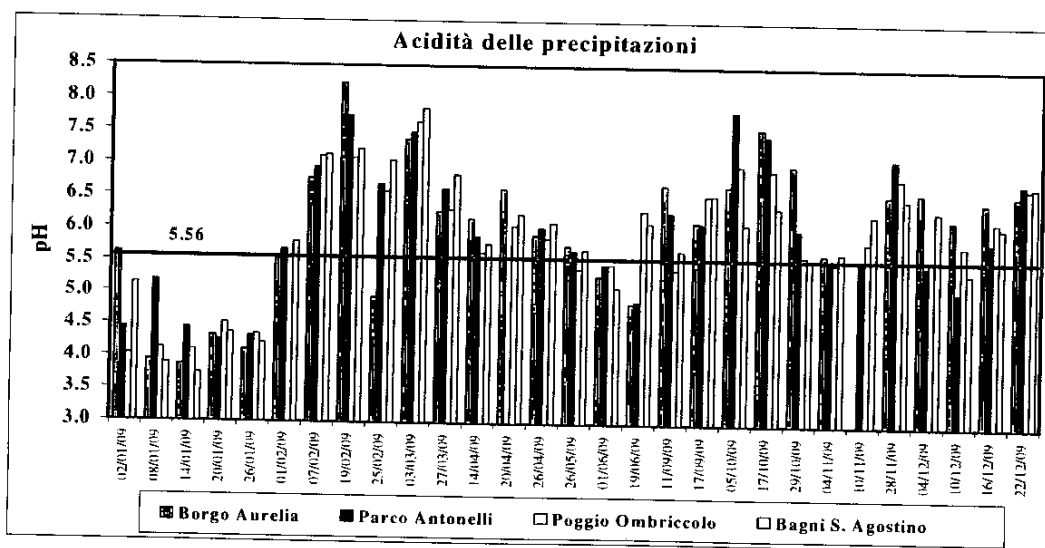
Nelle figure che seguono, sono stati messi a confronto i ratei di deposizione di metalli pesanti e specie ioniche del 2009 con quelli del 2007 e 2008:



Rispetto ai ratei di deposizione del 2008, nelle postazioni di Borgo Aurelia e Poggio Ombriccolo nel 2009 vi è stato un netto calo sia dei metalli (40% per entrambe), sia delle specie ioniche (rispettivamente del 47 e 32%).

A Bagni S. Agostino e Parco Antonelli il rateo di deposizione dei metalli pesante è stato simile a quello del 2008. Infatti il rateo di deposizione giornaliero di metalli pesanti è stato di 0.12 mg/m<sup>2</sup>/d nel 2008 e 0.11 nel 2009 per quanto riguarda Bagni S. Agostino e di 0.11 mg/m<sup>2</sup>/d nel 2008 e 0.12 nel 2009 per Parco Antonelli. In entrambe queste due ultime postazioni il rateo di deposizione giornaliero delle specie ioniche è invece calato vistosamente, rispettivamente del 43 e 36%.

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 può considerarsi acido a valori inferiori a 5.56. Questo pH corrisponde alla naturale reazione di equilibrio tra la CO<sub>2</sub> 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:



Oltre agli eventi acidi di gennaio, in giugno si sono avute precipitazioni con pH acido (pH inferiore a 5) solo 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
29.10.09	7.00	6.02	5.62	5.57
04.11.09	5.65	5.53	5.51	5.67
10.11.09	-	5.57	5.84	6.25
28.11.09	6.56	7.11	6.81	6.50
04.12.09	6.59	5.48	5.57	6.32
10.12.09	6.19	5.07	5.80	5.36
16.12.09	6.46	5.85	6.17	6.08
22.12.09	6.57	6.75	6.68	6.71

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

Postazione		Borgo Aurelia					
Mese		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	343	198	198
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	126	40	60
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	176	93	80
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	249	79	60
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	100	40	60
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	40	60
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	555	111	78
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	85	40	80
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	179	82	254
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	40	60
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	103	60
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	142	61	238
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	127	40	159
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	40	60
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	40	60
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	40	60
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	165
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	165
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	165
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	165
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	165
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	165
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	165
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	165
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	165
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	165
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	165
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	165
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>3</sup> ]	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1960</b>	<b>4422</b>	<b>2407</b>	<b>3607</b>

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

Postazione	Parco Antonelli					
	Mese	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre
Naftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	60	596	486	341
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	87	134	131	126
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	85	280	236	222
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	214	176	80
Acenaftilene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	40	80
Acenaftene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	40	107
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	119	40	303
Fluorene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	90	58	80
Fenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	229	293	384
Antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	40	80
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	40	80
Fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	227	265	357
Pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	201	226	248
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	40	80
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	40	80
Crisene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	60	40	80
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	150	220
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	220
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	220
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	220
Perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	220
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	220
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	220
Benzo[g, h, i]perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	220
Dibenzo[a, e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	220
Dibenzo[a, h]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	220
Dibenzo[a, i]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	220
Dibenzo[a, l]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	110	165	110	220
<b>Totale</b> [ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	<b>2072</b>	<b>4489</b>	<b>3551</b>	<b>5369</b>

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

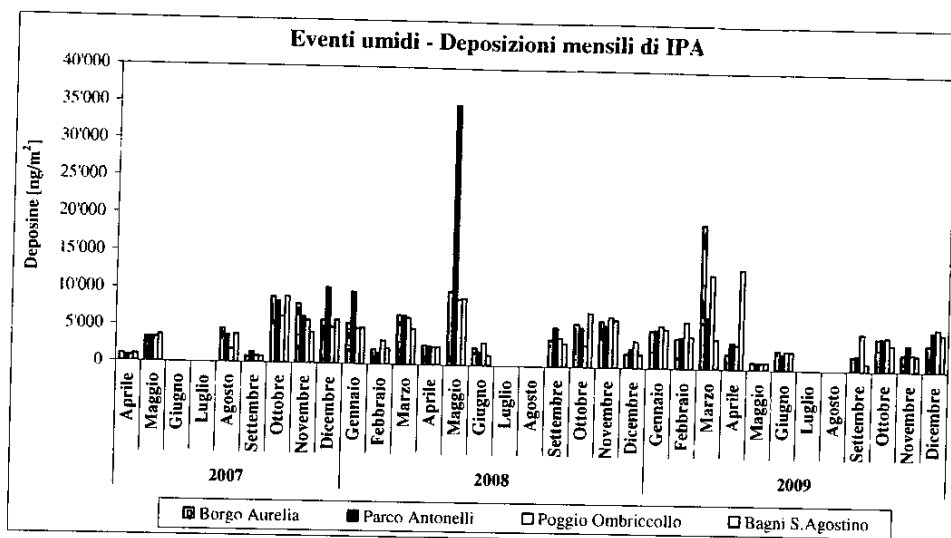
Postazione		Poggio Ombriccolo					
Mese		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	266	852	275	257
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	103	198	40	100
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	122	395	94	152
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	285	281	75	125
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	60	60	40	116
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	60	60	40	128
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	60	116	40	291
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	87	76	40	100
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	811	122	125	329
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	81	60	40	100
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	199	60	40	100
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	422	118	75	298
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	335	111	40	191
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	60	60	40	100
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	60	60	40	100
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	60	60	40	100
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	165	165	110	275
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	165	165	110	275
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	165	165	110	275
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	165	165	110	275
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	165	165	110	275
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	165	165	110	275
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	165	165	110	275
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	165	165	110	275
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	165	165	110	275
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	165	165	110	275
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	165	165	110	275
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	165	165	110	275
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	<b>5050</b>	<b>4669</b>	<b>2405</b>	<b>5887</b>

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

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

Postazione		Bagni S. Agostino					
Mese		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	349	105	258
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	60	40	80
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	129	40	136
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	125	72	102
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	60	40	197
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	60	40	80
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	139	93	80
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	60	40	105
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	56	115	81	430
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	60	40	80
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	60	40	80
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	40	87	60	343
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	81	40	228
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	60	40	80
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	60	40	80
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	20	60	40	99
Benzo[b+]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	55	165	110	220
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	55	165	110	220
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	55	165	110	220
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	55	165	110	220
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	55	165	110	220
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	55	165	110	220
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	55	165	110	220
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	55	165	110	220
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	55	165	110	220
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	55	165	110	220
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	55	165	110	220
Dibenzo[a, l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	55	165	110	220
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>3</sup> ]	-	-	<b>1037</b>	<b>3545</b>	<b>2170</b>	<b>5098</b>

Nella figura che segue sono stati confrontati per il triennio 2007-2009 gli andamenti delle deposizioni mensili di IPA totali nelle quattro postazioni:



Dalla figura precedente, si nota una più elevata deposizione di IPA totali a Marzo, limitatamente a Borgo Aurelia e Poggio Ombriccollo. Nel resto dell'anno le deposizioni sono state piuttosto omogenee in quasi tutte le postazioni, a parte un caso di elevata deposizione di IPA in aprile a Bagni S. Agostino. Da notare che le deposizioni di IPA totali tra settembre e dicembre 2009 sono paragonabili a quelle dello stesso periodo dell'anno precedente.

Nella tabella che segue sono riassunte le deposizioni complessive di IPA del 2009 in ciascuna postazione, espresse in  $\text{ng}/\text{m}^2$ :

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccollo	Bagni S. Agostino
Naftalene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	7220	4505	6144	5542
2-Metilnaftalene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	4684	2197	3309	3102
1-Metilnaftalene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	9321	3766	6622	5945
2,6-Dimetilnaftalene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1636	1404	1564	1228
Acenaftilene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	543	535	642	617
Acenaftene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	480	507	727	500
2,3,5-Trimetilnaftalene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1358	1634	1187	889
Fluorene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	636	611	833	547
Fenantrene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1050	1851	3042	1734
Antracene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	480	480	601	500
1-Metilfenantrene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	543	517	784	650
Fluorantene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	863	1695	1943	1656
Pirene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	689	1305	1329	1227
Ciclopenta[c,d]pirene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	480	480	580	500
Benzo[a]antracene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	480	480	580	520
Crisene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	480	572	617	733
Benzo[b+j]fluorantene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1320	1360	1668	1495
Benzo[k]fluorantene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1320	1320	1595	1375
Benzo[e]pirene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1320	1320	1595	1375
Benzo[a]pirene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1320	1320	1595	1375
Perilene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1320	1463	1595	1375
Indenof[1,2,3-cd]pirene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1320	1320	1595	1375
Dibenzo[a, h]antracene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1320	1320	1595	1375
Benzo[g, h, i]perilene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1320	1320	1595	1375
Dibenzo[a, e]pirene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1320	1320	1595	1375
Dibenzo[a, h]pirene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1320	1320	1595	1375
Dibenzo[a, i]pirene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1320	1320	1595	1375
Dibenzo[a, l]pirene	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	1320	1320	1595	1375
<b>Totale</b>	$[\text{ng}/\text{m}^2]$	<b>46783</b>	<b>38562</b>	<b>49715</b>	<b>42509</b>



Dalla tabella precedente, si può notare che le maggiori deposizioni di IPA totali si sono avute a Borgo Aurelia e Poggio Ombriccolo (circa 47 - 50  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ), le minori a Parco Antonelli (39  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ). 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	47	39	50	43

Le deposizioni annuali di IPA del 2009 indicano un forte calo nella postazione di Parco Antonelli: da 76  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  del 2008 a 39  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  del 2009. Nelle altre postazioni, la deposizione di IPA totali è pressoché equivalente a quella del 2008 e molto simile in valore assoluto (43 - 50  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ )

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:

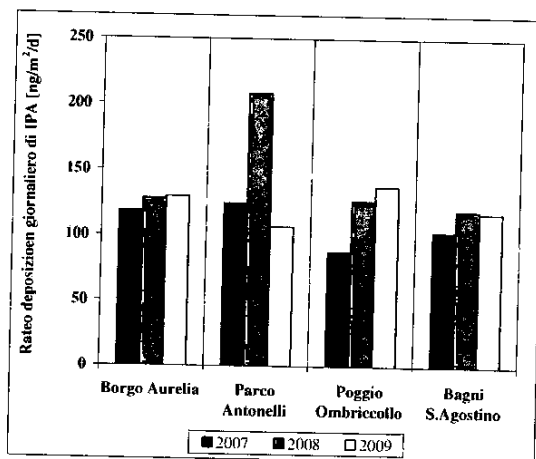
Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Naftalene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	20.1	12.5	17.1	15.4
2-Metilnaftalene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	13.0	6.1	9.2	8.6
1-Metilnaftalene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	25.9	10.5	18.4	16.5
2,6-Dimetilnaftalene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	4.5	3.9	4.3	3.4
Acenaftilene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.5	1.5	1.8	1.7
Acenaftene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.3	1.4	2.0	1.4
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.8	4.5	3.3	2.5
Fluorene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.8	1.7	2.3	1.5
Fenantrene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	2.9	5.1	8.4	4.8
Antracene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.3	1.3	1.7	1.4
1-Metilfenantrene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.5	1.4	2.2	1.8
Fluorantene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	2.4	4.7	5.4	4.6
Pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.9	3.6	3.7	3.4
Ciclopenta[c,d]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.3	1.3	1.6	1.4
Benzo[a]antracene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.3	1.3	1.6	1.4
Crisene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.3	1.6	1.7	2.0
Benzo[b+j]fluorantene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.7	3.8	4.6	4.2
Benzo[k]fluorantene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.7	3.7	4.4	3.8
Benzo[e]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.7	3.7	4.4	3.8
Benzo[a]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.7	3.7	4.4	3.8
Perilene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.7	4.1	4.4	3.8
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.7	3.7	4.4	3.8
Dibenzo[a, h]antracene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.7	3.7	4.4	3.8
Benzo[g,h,i]perilene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.7	3.7	4.4	3.8
Dibenzo[a,e]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.7	3.7	4.4	3.8
Dibenzo[a,h]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.7	3.7	4.4	3.8
Dibenzo[a,i]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.7	3.7	4.4	3.8
Dibenzo[a,l]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3.7	3.7	4.4	3.8
<b>Totale</b>	[ $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	<b>130</b>	<b>107</b>	<b>138</b>	<b>118</b>

La deposizione giornaliera per il 2009 per unità di superficie da eventi umidi risulta essere quindi di circa 130 - 140  $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$  nelle postazioni di Borgo Aurelia e Poggio Ombriccolo, di circa 110 - 120  $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$  a Parco Antonelli e Bagni S. Agostino.

Nel prospetto che segue, i ratei di deposizione del 2009 sono confrontati con quelli degli anni precedenti. I valori sono tutti espressi in  $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ :

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
2007	118	124	87	103
2008	128	208	127	119
2009	130	107	138	118

I valori della tabella precedente confermano il calo del rateo di deposizione degli IPA totali 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 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 Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Data Inizio	02.01.2009	02.01.2009	02.01.2009	02.01.2009
Data Fine	28.12.2009	28.12.2009	28.12.2009	28.12.2009
Metalli pesanti [%]	0.5	0.6	0.8	0.6
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini [%]	8.4	8.6	9.8	10.0
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini [%]	4.6	4.9	5.0	4.9
NaCl [%]	51.7	55.3	55.8	55.9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [%]	11.1	13.1	13.3	13.2
Ca [%]	15.4	11.1	8.4	8.9
Mg [%]	3.2	2.9	2.9	2.8
K [%]	3.8	1.3	1.5	1.3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [%]	1.5	2.1	2.5	2.4

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 52-56% a seconda delle postazioni. I solfati antropogenici (non marini) hanno costituito l'8 - 10 % delle specie depositate e i nitrati l'11 - 13%. Da notare che a Borgo Aurelia, il calcio è pari al 15% delle specie depositate per via umida a fronte del 8 - 11% delle altre postazioni.

### 3.4.2 Deposizioni atmosferiche secche

Nel corso del 2009, si sono raccolte dodici deposizioni secche mensili per ciascuna postazione. 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, essa è costituita da sali solubili in acqua (fase solida lisciviabile) e particolato insolubile in acqua, composto per lo più da minerali terrigeni risollelevati 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  $\text{mg/m}^2$ .

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
<b>Gen</b>	105	433	80	56
<b>Feb</b>	533	1401	701	353
<b>Mar</b>	639	2172	444	536
<b>Apr</b>	5132	280	821	638
<b>Mag</b>	253	589	197	1248
<b>Giu</b>	218	361	226	238
<b>Lug</b>	361	254	182	186
<b>Ago</b>	186	665	230	177
<b>Set</b>	603	457	501	214
<b>Ott</b>	261	673	194	468
<b>Nov</b>	115	141	58	139
<b>Dic</b>	609	641	407	156

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  $\mu\text{g}$  depositati per  $\text{m}^2$ , 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	10'091	2'562	16'447
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	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	0.5	0.5	0.5
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1	1	2	4	2	1	1	12	6	1	1	1
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2	7	5	8	12	3	6	3	6	2	1	3
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	78	83	29	112	160	181	1'024	174	2'826	63	72	190
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	80	153	159	124	155	76	108	177	136	92	30	119
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	0.04	0.04	0.18
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	125	341	258	406	813	359	421	381	2'917	196	66	214
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	17	48	126	39	53	17	35	50	24	16	10	23
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	33	43	64	65	78	22	35	34	46	29	7	37
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2	2	6	13	6	2	2	4	2	2	2	4
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1	1	1	1	2	4	4	2	1	1	1	2
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2	2	2	2	4	2	2	4	2	2	2	2
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	4	6	4	5	8	2	4	4	5	2	2	5
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	13	13	13	13	17	13	13	17	13	13	13	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	3.0	3.0	11.6
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	331	1'582	681	2'321	2'838	668	1'376	594	1'998	658	70	1'093
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	2.7	2.7	2.7
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	19	52	19	80	101	19	61	23	56	19	19	19
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	527	911	2'233	958	1'421	1'009	672	949	602	652	405	451
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	50'965	23'947	136'142
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	17'518	45'942	121'601
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	4'899	7'019	28'995
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	9'191	7'990	53'711
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	189	193	1'015	6'104	31'658	189	2'567	63'649	189	189	2'227	10'194
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	23'857	30'770	45'783	42'291	32'991	20'290	23'895	57'635	14'799	16'404	22'774	46'260
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	19'313	14'270	107'621	193	20'070	49'289	45'904	89'929	17'010	29'378	38'709	17'200
Cl <sup>-</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	90'505	65'724	98'306	99'086	30'582	29'416	47'676	42'443	20'631	30'181	81'235	223'187
PO <sub>4</sub> <sup>--</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	189	193	193	193	14'390	189	2'098	189	189	189	1'113	8'225
<b>Totale</b> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>233</b>	<b>249</b>	<b>504</b>	<b>434</b>	<b>364</b>	<b>195</b>	<b>272</b>	<b>736</b>	<b>275</b>	<b>171</b>	<b>234</b>	<b>664</b>

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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	22'983	58'195	53'300	89'274	29'404	24'902	16'436	32'121	3'660	33'137	6'019	19'070
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.5	3.4	3.9	5.2	1.4	1.5	1.2	2.3	1.8	0.5	0.5	0.5
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1	1	6	3	1	1	1	4	1	1	1	1
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	9	16	13	21	7	7	5	9	6	7	1	5
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	310	271	224	296	170	145	490	503	219	239	116	244
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	129	229	255	263	134	178	185	187	163	195	86	157
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.51	0.50	0.48	0.64	0.27	0.04	0.04	0.35	0.14	0.27	0.12	0.21
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	449	920	820	1'090	458	590	491	479	389	719	93	363
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	166	56	70	53	23	27	27	51	32	28	5	23
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	103	114	131	125	54	63	49	92	72	78	19	52
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	4	6	6	14	4	2	2	2	2	2	2	4
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1	1	1	1	1	4	4	1	1	1	1	2
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	10	19	18	18	11	10	15	19	16	16	2	9
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	17.4	29.5	29.0	37.7	14.8	14.9	20.1	24.6	20.3	3.0	13.1	26.9
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1'596	4'142	3'727	5'053	1'783	1'494	1'235	915	1'292	1'770	174	1'433
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	52	130	159	179	74	90	82	124	87	72	19	44
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	342	764	1'131	640	224	4'032	241	690	745	459	625	1'286
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	109'398	123'178	95'814	210'930	93'374	111'643	92'088	112'119	102'077	133'897	121'413	241'735
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	66'034	79'735	60'791	49'758	11'654	35'835	24'066	56'502	61'863	26'376	47'043	93'374
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	11'990	28'191	20'887	30'784	9'266	10'382	6'742	62'177	28'558	9'457	9'983	26'042
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	14'245	31'652	42'576	84'657	21'365	12'339	9'919	14'090	12'178	12'951	12'232	57'966
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	7'195	193	4'559	2'007	18'305	189	189	189	189	189	1'341	2'817
SO4-- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	50'365	92'598	33'475	64'118	23'539	48'282	26'038	21'441	29'022	22'804	43'056	46'532
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	28'401	18'196	21'373	13'231	22'668	59'317	35'127	31'741	31'446	22'751	44'033	10'020
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	120'799	127'730	97'079	72'692	14'950	52'357	30'242	16'753	41'375	41'216	90'240	209'782
PO4--- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	189	193	193	193	189	189	189	189	189	189	189	189
<b>Totale</b> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>435</b>	<b>567</b>	<b>437</b>	<b>625</b>	<b>248</b>	<b>362</b>	<b>244</b>	<b>350</b>	<b>314</b>	<b>307</b>	<b>377</b>	<b>711</b>

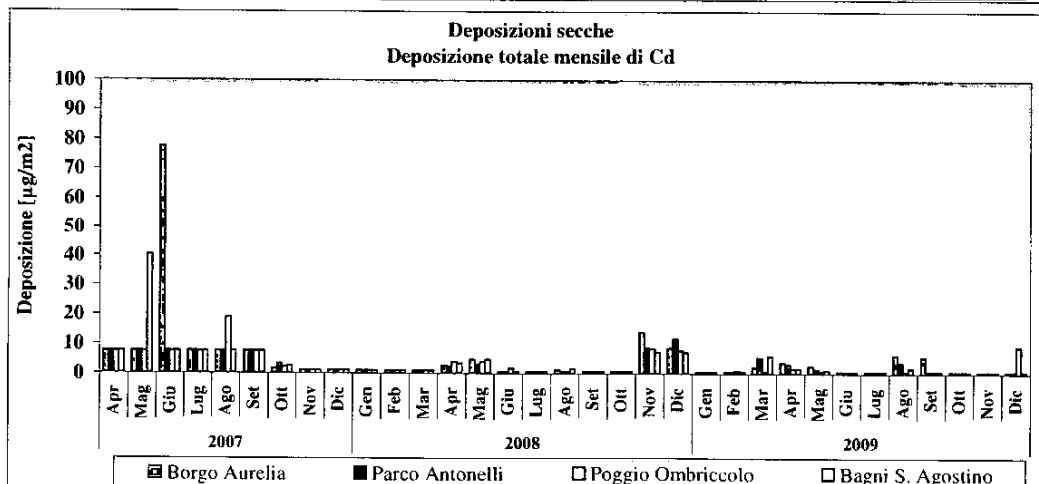
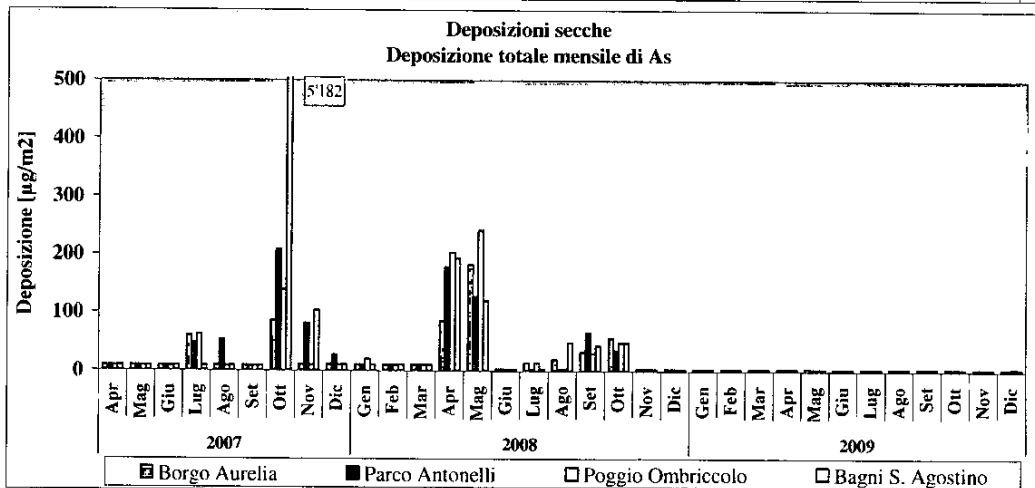
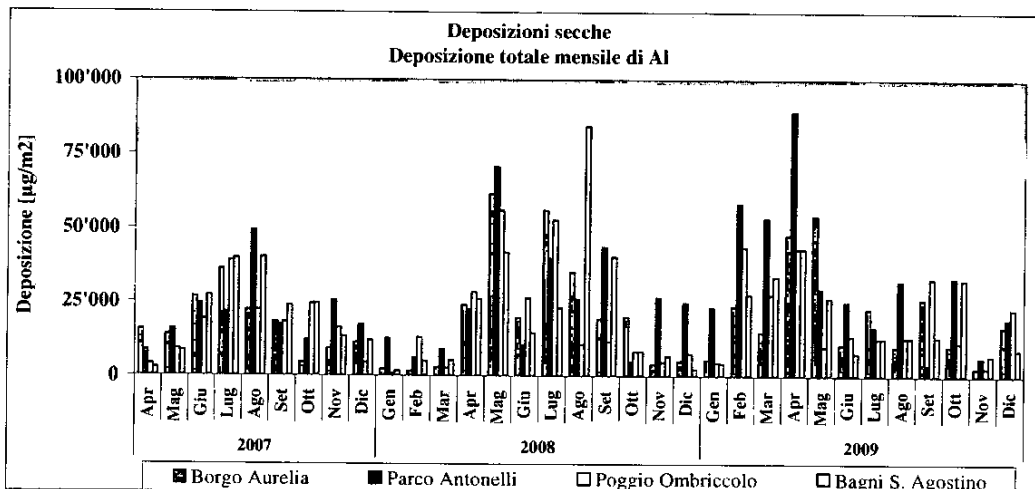
Le deposizioni secche mensili avvenute nella postazione di **Poggio Ombriccolo** sono riportate nella tabella sottostante:

Postazione	Poggio Ombriccolo											
Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al [µg/m <sup>2</sup> ]	4'509	43'654	27'399	42'959	9'865	13'540	12'661	12'986	33'049	11'289	2723	22'562
As [µg/m <sup>2</sup> ]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
Be [µg/m <sup>2</sup> ]	0.5	1.3	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	0.5	0.9
Cd [µg/m <sup>2</sup> ]	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	9
Co [µg/m <sup>2</sup> ]	1	12	7	8	2	4	4	3	6	2	1	6
Cr [µg/m <sup>2</sup> ]	2	58	39	34	2	49	140	32	2	31	2	39
Cu [µg/m <sup>2</sup> ]	35	72	49	55	22	61	31	24	57	36	22	158
Hg [µg/m <sup>2</sup> ]	0.04	0.35	0.17	0.30	0.14	0.12	0.04	0.14	0.33	0.26	0.04	0.15
Mn [µg/m <sup>2</sup> ]	84	489	383	476	98	344	368	430	534	326	76	402
Ni [µg/m <sup>2</sup> ]	5	45	27	23	8	21	20	19	29	11	5	31
Pb [µg/m <sup>2</sup> ]	6	39	35	53	10	28	26	19	40	21	9	37
Pd [µg/m <sup>2</sup> ]	2	3	2	5	2	2	2	2	2	2	2	24
Pr [µg/m <sup>2</sup> ]	1	2	1	1	1	4	4	1	1	1	1	2
Rh [µg/m <sup>2</sup> ]	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4
Sb [µg/m <sup>2</sup> ]	2	5	4	7	2	7	2	4	5	2	2	4
Se [µg/m <sup>2</sup> ]	13	15	13	13	13	13	13	13	13	13	13	17
Sn [µg/m <sup>2</sup> ]	3.0	7.9	64.6	38.9	3.0	43.3	3.0	476.4	3.0	3.0	3.0	12.6
Te [µg/m <sup>2</sup> ]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Ti [µg/m <sup>2</sup> ]	285	2'847	1'976	2'243	539	919	745	865	46	545	28	1'490
Tl [µg/m <sup>2</sup> ]	2.7	3.9	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	4.7
V [µg/m <sup>2</sup> ]	19	78	51	62	19	19	19	19	56	19	19	23
Zn [µg/m <sup>2</sup> ]	566	933	557	379	11	947	451	502	1'106	783	766	4'282
Ca [µg/m <sup>2</sup> ]	656	98'019	35'793	83'631	16'614	39'648	32'294	38'175	35'946	28'553	16'255	101'054
Na [µg/m <sup>2</sup> ]	801	100'352	73'742	35'131	2'762	44'892	23'196	18'773	52'496	37'963	57'287	200'105
Mg [µg/m <sup>2</sup> ]	892	25'714	15'497	18'679	2'679	8'623	4'403	17'948	39'706	6'348	7'370	31'833
K [µg/m <sup>2</sup> ]	858	17'708	11'498	16'858	4'840	8'331	10'177	14'004	13'191	5'687	6'922	15'333
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [µg/m <sup>2</sup> ]	189	10'397	3'135	818	4'734	189	795	2'083	1'659	780	23'516	7'134
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> [µg/m <sup>2</sup> ]	379	107'025	41'746	52'463	4'370	38'141	17'631	18'010	35'081	30'325	43'139	118'029
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [µg/m <sup>2</sup> ]	189	63'697	45'313	82'386	5'968	61'399	42'791	34'998	39'792	47'926	79'137	115'961
Cl <sup>-</sup> [µg/m <sup>2</sup> ]	189	167'468	124'700	57'514	4'340	64'232	26'447	17'419	49'426	63'649	88'468	358'379
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> [µg/m <sup>2</sup> ]	189	193	193	193	189	598	2'265	189	189	189	3'605	189
<b>Totale</b> [mg/m <sup>2</sup> ]	<b>10</b>	<b>639</b>	<b>382</b>	<b>394</b>	<b>57</b>	<b>282</b>	<b>174</b>	<b>177</b>	<b>302</b>	<b>235</b>	<b>329</b>	<b>977</b>

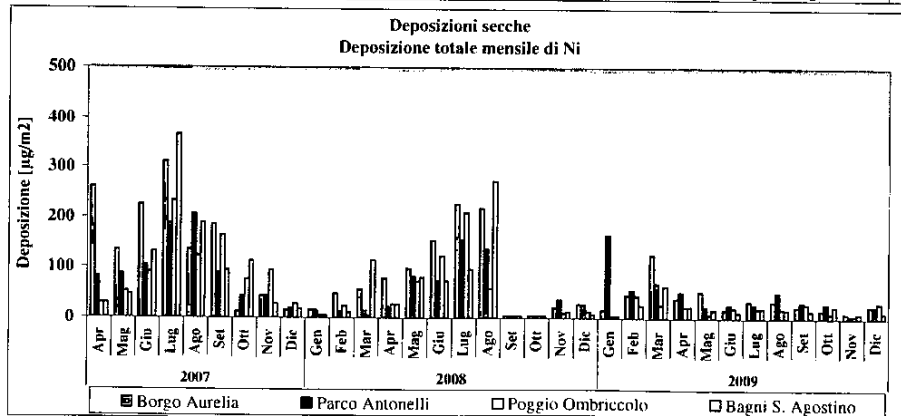
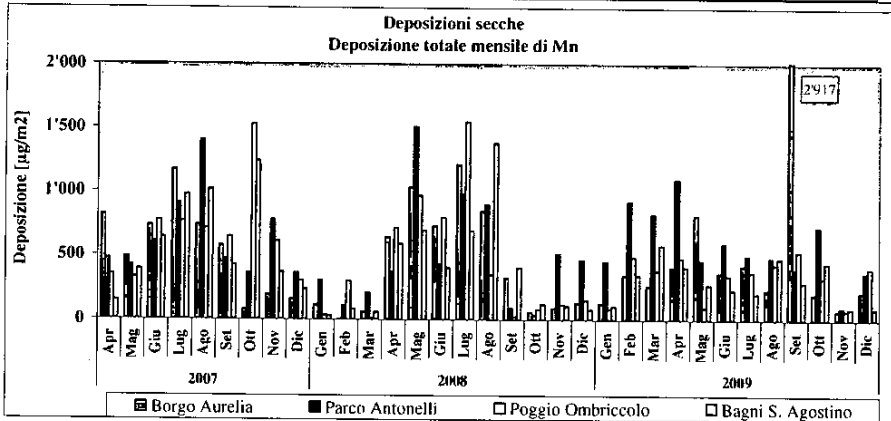
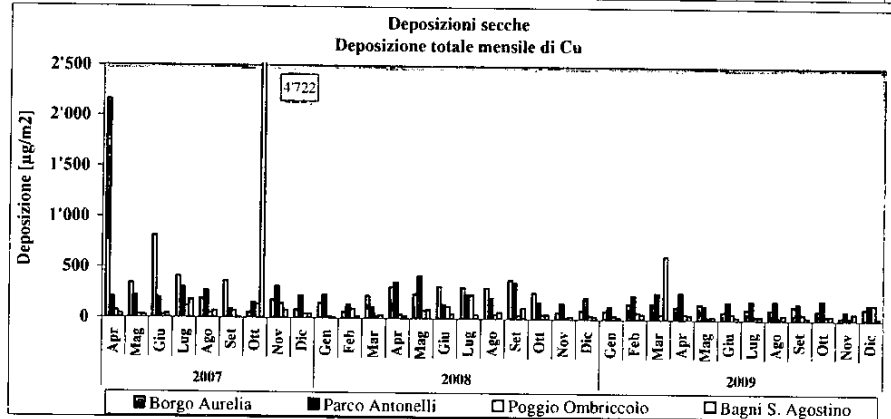
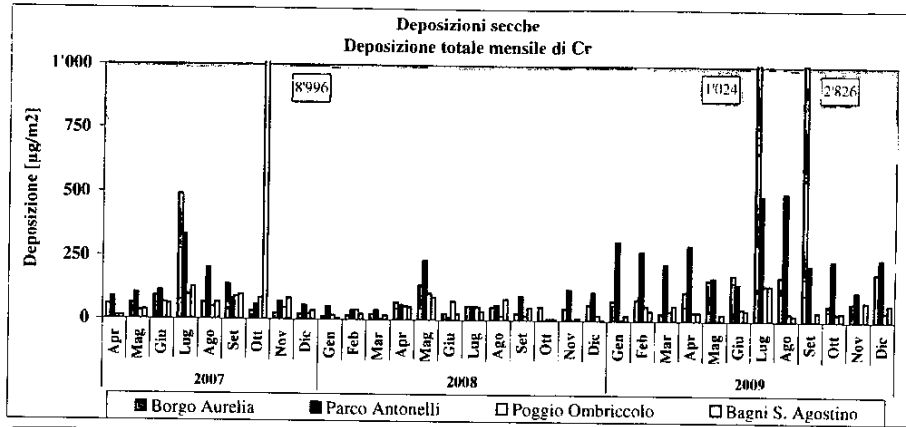
Le deposizioni secche mensili occorse nella postazione di **Bagni S. Agostino** sono mostrate nella tabella che segue:

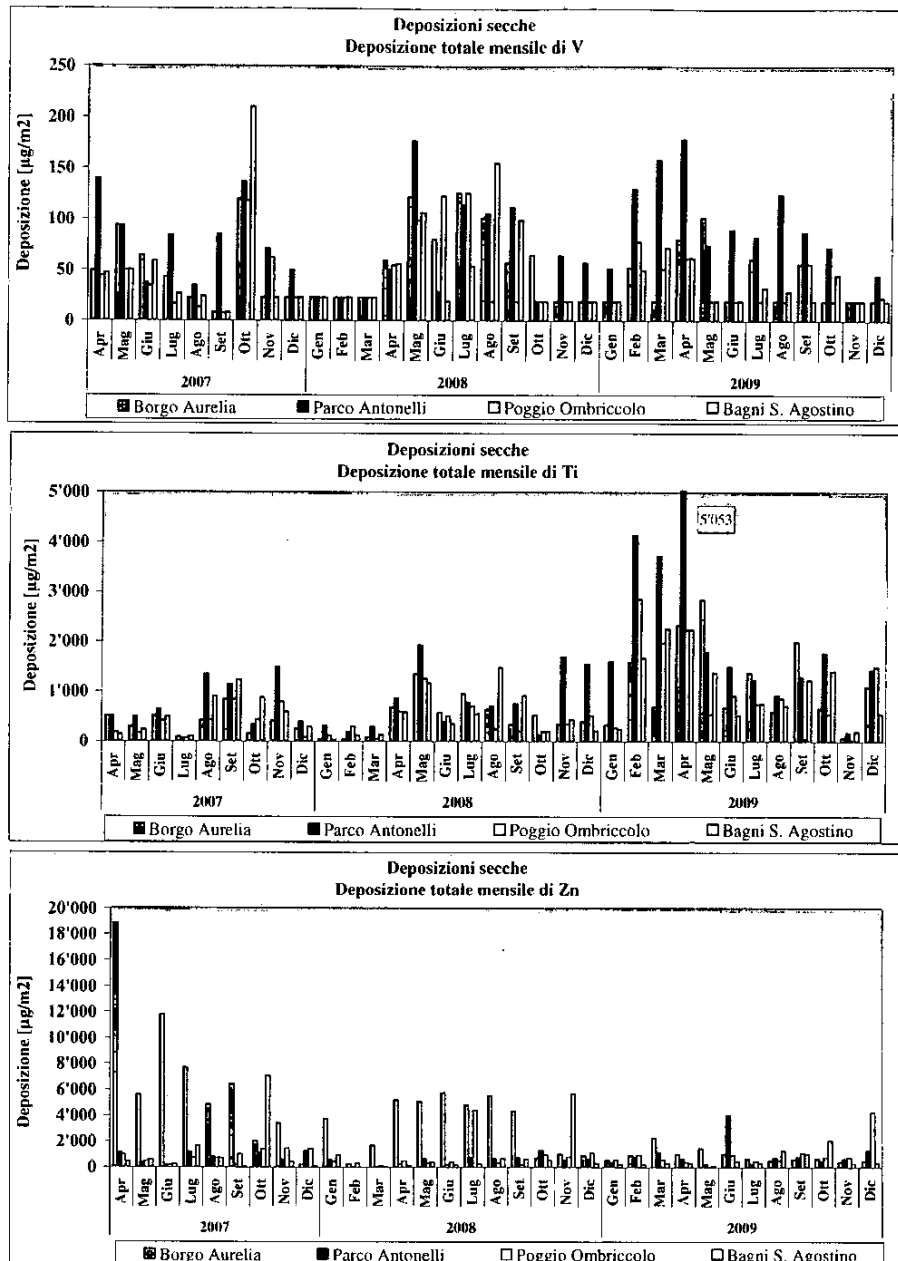
Postazione	Bagni S. Agostino											
Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al [µg/m <sup>3</sup> ]	4'201	27'554	33'533	42'959	26'416	7'673	12'661	12'913	13'140	32'539	6'805	8'755
As [µg/m <sup>3</sup> ]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Be [µg/m <sup>3</sup> ]	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cd [µg/m <sup>3</sup> ]	1	1	6	2	1	1	1	2	1	1	1	1
Co [µg/m <sup>3</sup> ]	1	7	9	8	5	2	4	3	3	5	1	1
Cr [µg/m <sup>3</sup> ]	21	38	60	34	26	39	140	22	36	35	77	67
Cu [µg/m <sup>3</sup> ]	18	50	622	41	33	26	31	45	26	42	66	25
Hg [µg/m <sup>3</sup> ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn [µg/m <sup>3</sup> ]	104	345	576	410	269	233	202	475	288	441	87	86
Ni [µg/m <sup>3</sup> ]	5	26	65	23	17	13	20	18	15	24	9	11
Pb [µg/m <sup>3</sup> ]	11	26	48	53	24	17	23	24	21	34	16	16
Pd [µg/m <sup>3</sup> ]	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	4
Pt [µg/m <sup>3</sup> ]	1	1	1	1	1	4	4	1	1	1	1	2
Rh [µg/m <sup>3</sup> ]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sb [µg/m <sup>3</sup> ]	2	5	4	7	2	2	2	2	2	2	2	2
Se [µg/m <sup>3</sup> ]	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Sn [µg/m <sup>3</sup> ]	3	3	6	39	3	3	3	3	3	3	3	3
Te [µg/m <sup>3</sup> ]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ti [µg/m <sup>3</sup> ]	244	1'671	2'257	2'243	1'380	513	745	702	1'229	1'412	193	547
Tl [µg/m <sup>3</sup> ]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
V [µg/m <sup>3</sup> ]	19	50	72	62	19	19	32	29	19	45	19	19
Zn [µg/m <sup>3</sup> ]	221	197	303	307	98	427	281	1'237	1'010	2'042	292	340
Ca [µg/m <sup>3</sup> ]	24'848	67'363	67'466	68'105	73'559	50'357	63'316	50'691	41'607	44'241	24'345	38'310
Na [µg/m <sup>3</sup> ]	69'710	69'165	107'799	33'397	13'871	42'179	42'395	28'195	33'468	21'357	53'424	64'020
Mg [µg/m <sup>3</sup> ]	9'342	15'164	20'637	14'802	8'836	8'014	10'795	22'019	23'184	6'056	7'445	9'951
K [µg/m <sup>3</sup> ]	3'604	9'916	17'434	34'148	16'954	14'909	27'013	12'092	11'451	10'364	5'800	10'846
NH4+	909	193	193	924	5'264	2'136	189	189	1'462	2'227	5'748	2'113
SO4--	29'158	55'675	50'153	34'127	27'477	33'301	57'037	21'888	22'077	16'632	21'661	35'005
NO3-	26'129	34'717	38'179	26'000	39'004	46'835	43'321	33'188	28'848	27'886	29'969	23'342
Cl-	128'373	118'828	196'430	60'536	19'419	69'783	57'423	23'365	36'997	41'344	95'057	119'610
PO4---	189	193	193	193	189	1'575	189	189	189	189	735	6'839
<b>Totale</b> [mg/m <sup>3</sup> ]	<b>297</b>	<b>401</b>	<b>536</b>	<b>318</b>	<b>233</b>	<b>278</b>	<b>316</b>	<b>207</b>	<b>215</b>	<b>207</b>	<b>252</b>	<b>320</b>

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:







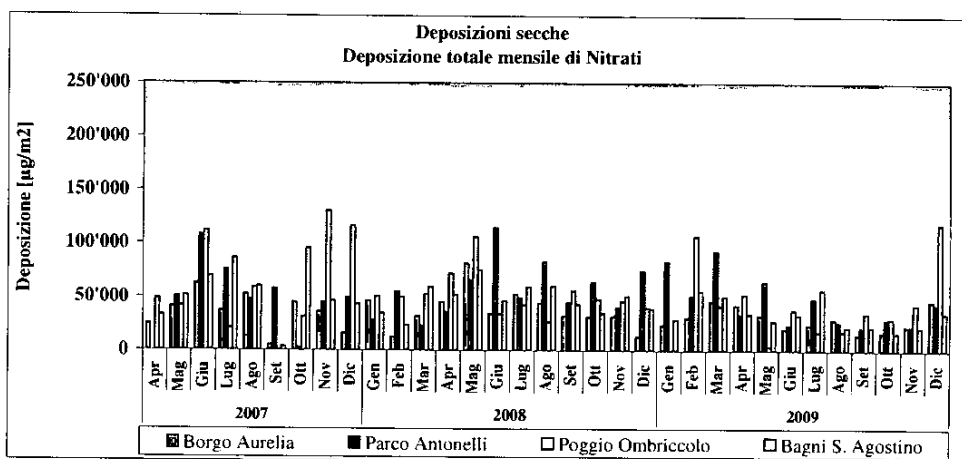
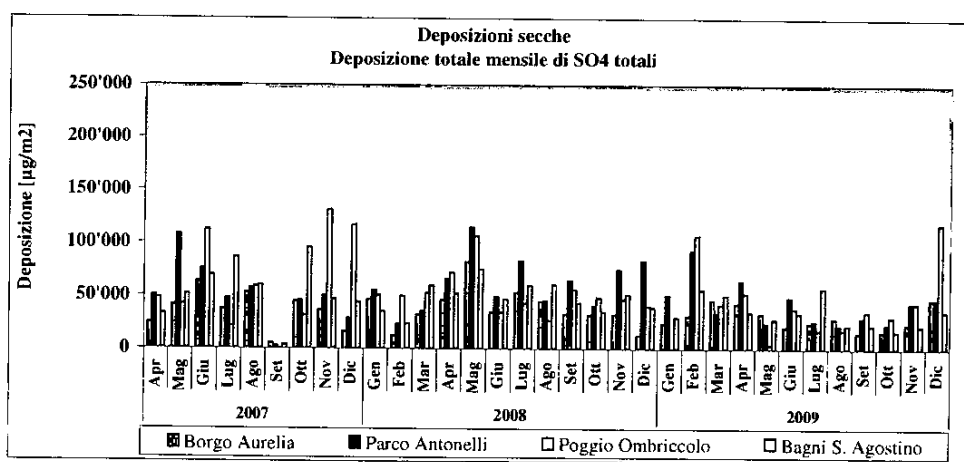


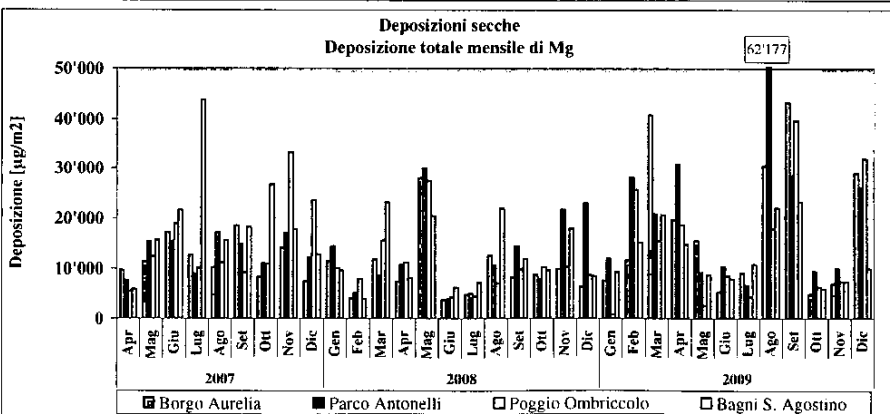
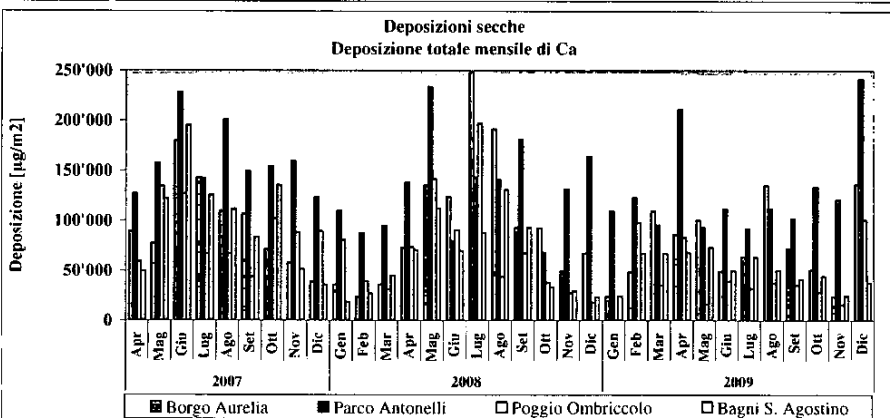
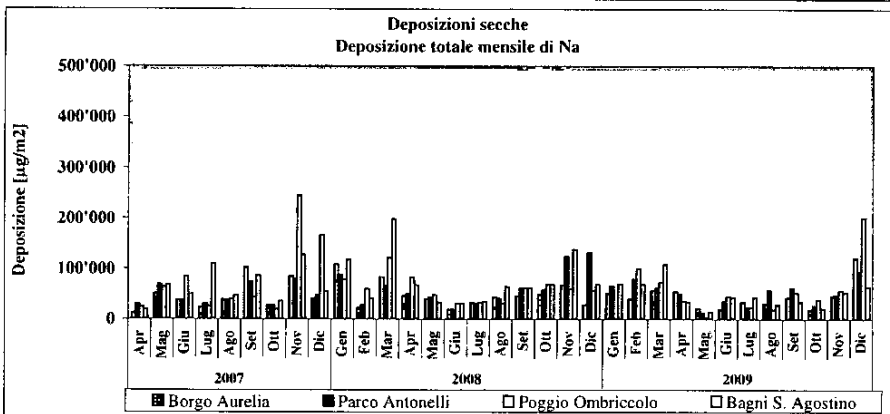
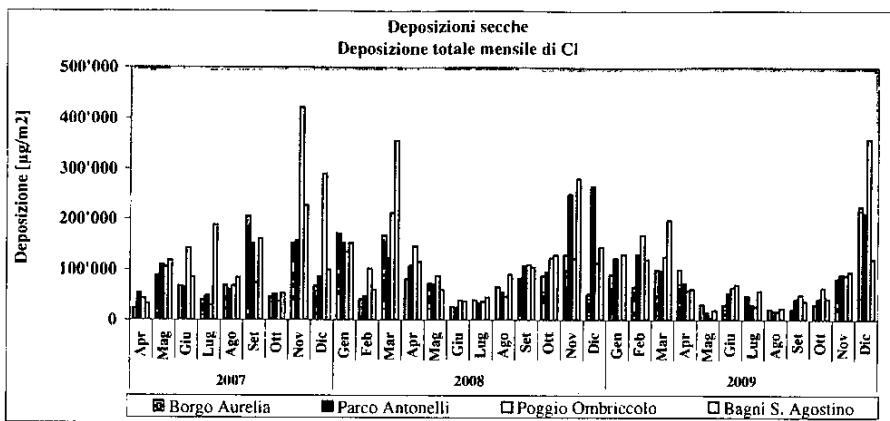
La maggior parte dei metalli pesanti è stata ritrovata nella frazione insolubile della deposizione secca e solo saltuariamente si sono trovate significative quantità di **Mn**, **Ti**, **V** e **Zn** nella frazione lisciviabile in acqua. Facendo riferimento alle tabelle e figure precedenti, si possono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

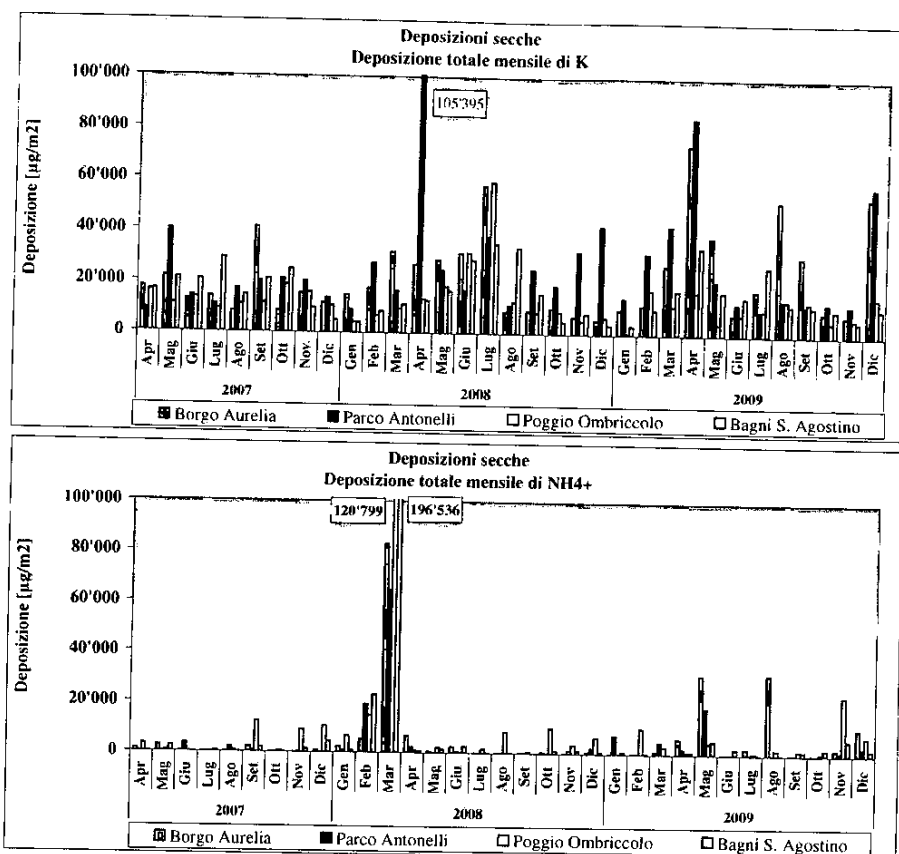
- le deposizioni secche di **Al**, **Mn**, **Ti** e **V** hanno avuto un andamento temporale piuttosto simile con massimi nel periodo primaverile-estivo del 2009, come avvenuto nel 2008. Un calo della deposizione si è avuta a partire da giugno a causa delle forti precipitazioni che hanno dilavato l'atmosfera 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 le 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;

- il **Cd** è stato rilevato saltuariamente dalle deposizioni secche e a valori molto bassi;
- 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;
- è significativo che le deposizioni secche di **Cu** siano state più abbondanti nelle postazioni di Borgo Aurelia e Parco Antonelli, le 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, in giugno a Parco Antonelli e dicembre a Poggio Ombriccolo.

Nelle figure che seguono sono mostrati invece gli andamenti temporali delle specie ioniche nelle deposizioni secche, sempre espressi in  $\mu\text{g}$  depositati per  $\text{m}^2$ :







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

- in tutte le postazioni, le specie ioniche depositate maggiormente per via secca sono **solfati, nitrati, calcio, cloruri e sodio**. Questi due ultime specie ioniche sono sicuramente attribuibili allo spray marino e il loro andamento temporale è fortemente correlato;
- le deposizioni secche di **solfati e nitrati** non presentano particolari singolarità, salvo episodi sporadici di deposizioni relativamente più elevate in una delle postazioni, come i solfati in febbraio a Parco Antonelli e solfati e nitrati a febbraio e dicembre a Poggio Ombriccolo. In quest'ultima postazione, data la sua natura rurale, non stati infrequenti casi di elevate deposizioni secche di solfati 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;
- 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. Nelle stesse postazioni, si è avuto un rialzo della deposizione di Mg anche in dicembre.

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	<b>0.56</b>	<b>0.55</b>	-	<b>0.54</b>
Feb	<b>0.59</b>	0.62	<b>0.60</b>	<b>0.58</b>
Mar	<b>0.57</b>	0.63	<b>0.59</b>	<b>0.55</b>
Apr	<b>0.55</b>	0.68	<b>0.61</b>	<b>0.55</b>
Mag	0.68	0.78	0.64	0.71
Giu	0.67	0.68	0.70	<b>0.60</b>
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	<b>0.58</b>	0.64	<b>0.60</b>	<b>0.52</b>
Nov	<b>0.57</b>	<b>0.52</b>	0.65	<b>0.56</b>
Dic	<b>0.54</b>	0.45	<b>0.56</b>	<b>0.54</b>

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  $\mu\text{g}$  o  $\text{mg}/\text{m}^2$ , nelle quattro postazioni di Civitavecchia. 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	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	243'173	388'503	237'195	229'148
As	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	46	45	47	45
Be	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	13	23	8	8
Cd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	25	19	18	16
Co	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	59	107	56	49
Cr	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	4'991	3'227	430	594
Cu	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1'328	2'160	622	1'025
Hg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2	4	2	2
Mn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	6'344	6'863	4'009	3'514
Ni	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	441	563	245	248
Pb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	482	953	323	312
Pd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	46	51	51	28
Pt	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	19	19	20	19
Rh	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	27	25	28	25
Sb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	50	163	48	36
Se	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	158	155	161	155
Sn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	357	251	662	75
Te	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	33	32	34	32
Ti	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	14'204	24'614	12'530	13'136
Tl	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	34	32	35	32
V	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	483	1'111	404	403
Zn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	10'317	11'178	11'283	6'757
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	348'931	501'272	506'338	404'191
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	403'922	338'303	619'557	397'418
Cl <sup>-</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	837'750	915'213	1'022'231	967'166
Ca	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	900'167	1'547'665	526'637	614'207
Na	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	529'829	613'031	647'498	578'979
Mg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	224'773	254'458	179'693	156'245
K	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	340'486	326'170	125'408	174'531
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	86'540	37'365	55'430	21'547
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	27'352	2'283	8'183	10'864
<b>Metalli pesanti totali</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>283</b>	<b>440</b>	<b>268</b>	<b>256</b>
<b>Specie ioniche totali</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>3'700</b>	<b>4'536</b>	<b>3'691</b>	<b>3'325</b>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> non marini	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	219	350	347	262
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> marini	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	130	151	159	142
NaCl	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	1368	1528	1670	1546

La deposizione secca di metalli pesanti totali nelle quattro postazioni è dell'ordine di 0.3 - 0.4  $\text{g}/\text{m}^2$  di cui il 95 - 97% è costituito da Al, Ti e Zn. I primi due metalli sono elementi tipicamente crustali e

rappresentano rispettivamente circa l'8 e 0.6% della composizione elementare della crosta terrestre. Nella tabella precedente, sono stati ancora distinti i contributi dei solfati marini alla deposizione di solfati totali ed è stata riportata la deposizione di Na e Cl come cloruro di sodio. Quest'ultima ha rappresentato dal 31 al 43% 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 Ombriccollo	Bagni S. Agostino
<b>Metalli pesanti totali</b> [%]	7.1	8.8	6.8	7.1
<b>NaCl</b> [%]	34.3	30.7	42.2	43.2
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> non marini</b> [%]	5.5	7.0	8.8	7.3
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> marini</b> [%]	3.3	3.0	4.0	4.0
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> [%]	10.1	6.8	15.6	11.1
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> [%]	2.2	0.8	1.4	0.6
<b>Ca+Mg+K</b> [%]	36.8	42.8	21.0	26.4

Si noti che la deposizione complessiva di calcio, magnesio e potassio ha rappresentato il 37 - 43 % delle specie analizzate a Borgo Aurelia e a Parco Antonelli e il 21 - 26 % nelle altre due postazioni. Nelle prime due postazioni è quindi presumibile l'influenza di una sorgente locale specifica. Si noti anche che i solfati marini sono stati circa la metà della deposizione di solfati totali.

Il rateo giornaliero di deposizione secca di metalli pesanti e specie ioniche, espresso in  $\mu\text{g}$  depositati per  $\text{m}^2$  al giorno, è mostrato nella tabella seguente:

Postazione	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccollo	Bagni S. Agostino
Al	675	1079	659	637
As	0.13	0.13	0.13	0.13
Be	0.04	0.06	0.02	0.02
Cd	0.07	0.05	0.05	0.04
Co	0.16	0.30	0.15	0.14
Cr	13.86	8.96	1.19	1.65
Cu	3.7	6.0	1.7	2.8
Hg	0.00	0.01	0.01	0.00
Mn	17.6	19.1	11.1	9.8
Ni	1.23	1.56	0.68	0.69
Pb	1.34	2.65	0.90	0.87
Pd	0.13	0.14	0.14	0.08
Pt	0.05	0.05	0.06	0.05
Rh	0.07	0.07	0.08	0.07
Sb	0.14	0.45	0.13	0.10
Se	0.44	0.43	0.45	0.43
Sn	0.99	0.70	1.84	0.21
Te	0.09	0.09	0.09	0.09
Ti	39.5	68.4	34.8	36.5
Tl	0.09	0.09	0.10	0.09
V	1.34	3.09	1.12	1.12
Zn	29	31	31	19
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	969	1392	1406	1123
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1122	940	1721	1104
Cl <sup>-</sup>	2327	2542	2840	2687
Ca	2500	4299	1463	1706
Na	1472	1703	1799	1608
Mg	624	707	499	434
K	946	906	348	485
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	240	104	154	60
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	76	6	23	30
<b>Metalli pesanti totali</b>	<b>0.8</b>	<b>1.2</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>
<b>Specie ioniche totali</b>	<b>10.3</b>	<b>12.6</b>	<b>10.3</b>	<b>9.2</b>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> non marini	0.61	0.97	0.96	0.73
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> marini	0.36	0.42	0.44	0.40
NaCl	3.8	4.2	4.6	4.3

Utilizzando i precedenti valori dei ratei di deposizione è possibile effettuare un confronto con i dati pregressi. Per quanto riguarda i **metalli pesanti totali**, i ratei annuali sono mostrati nel prospetto che segue. I valori sono tutti espressi in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ :

	<b>Borgo Aurelia</b>	<b>Parco Antonelli</b>	<b>Poggio Ombriccolo</b>	<b>Bagni S.Agostino</b>
<b>2007</b>	0.91	0.83	0.69	0.91
<b>2008</b>	0.86	0.91	0.69	0.79
<b>2009</b>	0.79	1.22	0.75	0.71

Si osserva che nel 2008 e 2009 vi è stata una sostanziale similitudine dei ratei di deposizione secca dei metalli pesanti a Borgo Aurelia, Poggio Ombriccolo e Bagni S.Agostino. Rispetto al 2008, si riscontra un lieve aumento della deposizione secca di metalli a Parco Antonelli. Si tenga presente, comunque, che oltre il 95% della deposizione dei metalli è stata costituita dai soli Al, Ti e Zn, di cui i primi due sono elementi tipicamente crustali.

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

	<b>Borgo Aurelia</b>	<b>Parco Antonelli</b>	<b>Poggio Ombriccolo</b>	<b>Bagni S.Agostino</b>
<b>2007</b>	11.4	14.2	16.9	14.6
<b>2008</b>	11.6	15.2	13.3	13.7
<b>2009</b>	10.3	12.6	10.3	9.2

In questo caso, il rateo di deposizione secca delle specie ioniche è diminuito rispetto al 2008. 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 ratei medi annuali di deposizione giornaliera di **NaCl**, espressi in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ :

	<b>Borgo Aurelia</b>	<b>Parco Antonelli</b>	<b>Poggio Ombriccolo</b>	<b>Bagni S.Agostino</b>
<b>2007</b>	4.5	4.6	7.4	6.3
<b>2008</b>	4.4	5.7	5.6	6.9
<b>2009</b>	3.8	4.2	4.6	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 m<sup>2</sup>**. 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	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov
Naftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	209	59	43	73	18	18	18	51	138	232	49
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	108	18	18	48	18	18	18	18	18	73	18
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	140	18	18	46	18	18	18	18	67	119	18
2.6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Acenafilene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	125	50	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Acenafene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
2.3.5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	49	18	18	18	18	18	18	18	108
Fluorene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	598	18	18	18	18	18	52	18	18
Fenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	98	98	194	92	298	81	18	18	18	101	75	18
Antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	287	18	166	18	18	18	18	50	107	18
Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	119	139	275	96	559	91	18	18	18	86	83	18
Pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	101	91	227	88	499	77	18	18	18	74	76	18
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	57	97	18	206	18	18	18	18	18	18	18
Crisene [ng/m <sup>2</sup> ]	99	79	205	59	353	43	18	18	18	50	50	18
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	222	53	278	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	164	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	139	53	53	53	53	53	53	53
Perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	554	53	53	53	53	53	53	53	53
Indeno[1.2.3-cd]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	128	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	202	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a, l]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
<b>Totale [ng/m<sup>2</sup>]</b>	<b>1'264</b>	<b>1'805</b>	<b>2'338</b>	<b>2'320</b>	<b>3'653</b>	<b>1'139</b>	<b>917</b>	<b>917</b>	<b>951</b>	<b>1'395</b>	<b>1'591</b>	<b>1'040</b>

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	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Naftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	112	310	394	45	18	18	18	18	18	165	165	195	53
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	124	64	18	18	18	18	18	18	18	18	43	18
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	68	186	108	18	18	18	18	18	18	87	18	74	18
2.6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	44
Acenaftilene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Acenaftene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
2.3.5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	111
Fluorene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	46	102	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Fenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	123	188	288	76	18	71	18	18	18	556	212	47	207
Antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	98	18	18	18
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	143	58	48	18	18	18	18	18	18	99	18	137
Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	177	235	375	110	18	80	18	18	18	602	670	66	74
Pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	174	199	333	120	18	70	18	18	18	538	697	73	79
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	145	127	18	18	18	18	18	18	137	443	18	18
Crisene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	115	281	142	18	66	18	18	18	189	808	46	18
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	190	366	194	53	159	53	53	53	751	1062	53	53
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	187	53	53	53	53	53	53	318	318	53	53
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	425	53	53
Indeno[1.2.3-cd]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	184	53	53	53
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[g, h, i]perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	143	53	172	53	53	53	53	53	53	335	258	53	53
Dibenzo[a, e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a, h]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a, i]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a, l]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
<b>Totale [ng/m<sup>2</sup>]</b>	<b>1'574</b>	<b>2'542</b>	<b>3'380</b>	<b>1'579</b>	<b>917</b>	<b>1'240</b>	<b>917</b>	<b>917</b>	<b>4'525</b>	<b>5'738</b>	<b>1'338</b>	<b>1'499</b>	

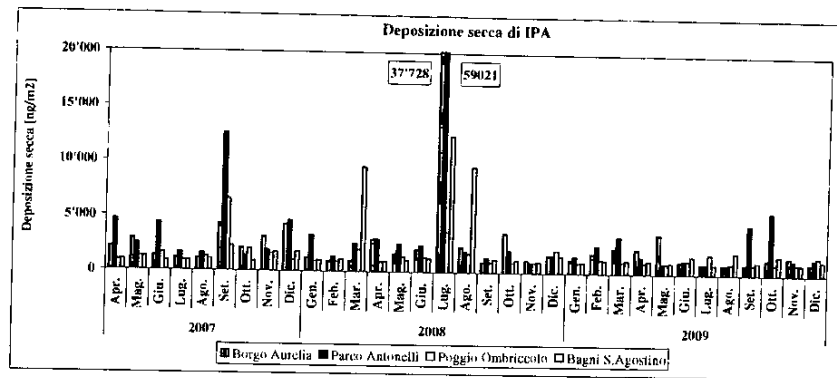
I valori di deposizione secca di IPA riscontrati nella postazione di **Poggio Ombriccolo** sono mostrati nella tabella sottostante:

Postazione	Poggio Ombriccolo												
Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	
Naftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	171	43	18	18	102	18	18	18	18	47	48	209
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	43	18	18	18	85	18	18	18	18	18	18	60
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	79	18	18	18	159	18	18	18	18	18	18	106
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	158
Acenaftilene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	116	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Acenaftene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	229
Fluorene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Fenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	47	49	18	48	58	141	18	18	46	51	61	61
Antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	50	18	18	18	113	94	18	43	51	18	18
Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	60	57	61	63	53	18	159	18	18	18	48	49	49
Pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	51	48	18	18	142	43	18	18	18	18	18
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	56	18	18	18	18	18	18
Crisene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	98	18	18	18	18	18	18
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	286	53	53	53	53	53	53
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[g, h, i]perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	143	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a, e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a, h]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a, i]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a, l]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
<b>Totale [ng/m<sup>2</sup>]</b>	<b>960</b>	<b>1'324</b>	<b>1'084</b>	<b>993</b>	<b>983</b>	<b>1'251</b>	<b>1'843</b>	<b>1'019</b>	<b>917</b>	<b>1'001</b>	<b>1'045</b>	<b>1'667</b>	

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	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov
Naftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	65	49	44	18	214	18	18	18	161	18	142
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	150	18	18	18	55	18	18
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	248	18	18	18	88	18	70
2.6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	79	18	164
Acenaftilene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Acenaftene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
2.3.5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	45	18	18	18	18	18	18
Fluorene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	68	18	18
Fenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	63	68	53	18	76	18	109	103	158	45	49
Antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	103	116	18	18	62	50	46	46	18
Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	80	121	108	84	18	63	18	228	92	129	18	48
Pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	74	79	66	18	57	18	199	77	103	18	18
Ciclopenta[c.d]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	59	18	18	18	18
Crisene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	47	79	43	18	18	18	96	18	46	18	18
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	296	53	149	53	53
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	168	53	53	53	53
Indeno[1.2.3-cd]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a. h]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[g.h.i]perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	173	53	53	53	53
Dibenzo[a.e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a.h]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a.i]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a. l]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
<b>Totale [ng/m<sup>2</sup>]</b>	<b>980</b>	<b>1'200</b>	<b>1'214</b>	<b>1'204</b>	<b>1'015</b>	<b>1'646</b>	<b>917</b>	<b>2'043</b>	<b>1'170</b>	<b>1'770</b>	<b>974</b>	<b>1'303</b>

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 ottobre 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 <sup>2</sup> ]	924	1'510	726	781
2-Metilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> ]	388	390	347	381
1-Metilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> ]	512	647	503	564
2,6-Dimetilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> ]	212	238	353	419
Acenaftilene	[ng /m <sup>2</sup> ]	351	212	310	212
Acenaftene	[ng /m <sup>2</sup> ]	212	212	212	212
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> ]	334	305	423	239
Fluorene	[ng /m <sup>2</sup> ]	827	325	212	262
Fenantrene	[ng /m <sup>2</sup> ]	1'109	1'820	572	778
Antracene	[ng /m <sup>2</sup> ]	212	292	212	212
1-Metilfenantrene	[ng /m <sup>2</sup> ]	751	608	475	529
Fluorantene	[ng /m <sup>2</sup> ]	1'517	2'443	619	1'006
Pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	1'303	2'336	425	744
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	212	212	212	212
Benzo[a]antracene	[ng /m <sup>2</sup> ]	519	993	251	253
Crisene	[ng /m <sup>2</sup> ]	1'009	1'735	292	436
Benzo[b+]fluorantene	[ng /m <sup>2</sup> ]	1'029	3'039	868	975
Benzo[k]fluorantene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	635	635	635
Benzo[e]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	746	1'299	635	635
Benzo[a]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	721	635	635	635
Perilene	[ng /m <sup>2</sup> ]	1'137	1'007	635	750
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	711	767	635	635
Dibenzo[a, h]antracene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	635	635	635
Benzo[g,h,i]perilene	[ng /m <sup>2</sup> ]	785	1'332	725	755
Dibenzo[a,e]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	635	635	635
Dibenzo[a,h]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	635	635	635
Dibenzo[a,i]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	635	635	635
Dibenzo[a, l]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	635	635	635
<b>Totale</b>	<b>[ng /m<sup>2</sup>]</b>	<b>19'329</b>	<b>26'168</b>	<b>14'086</b>	<b>15'436</b>

Come si può notare, la deposizione secca complessiva di IPA è stata effettivamente modesta ed è rimasta compresa tra 14 e 26  $\mu\text{g}$  totali per  $\text{m}^2$  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  $\text{ng per m}^2$  al giorno:

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Naftalene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	2,6	4,2	2,0	2,2
2-Metilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1,1	1,1	1,0	1,1
1-Metilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1,4	1,8	1,4	1,6
2,6-Dimetilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	0,6	0,7	1,0	1,2
Acenaftilene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1,0	0,6	0,9	0,6
Acenaftene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	0,6	0,6	0,6	0,6
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	0,9	0,8	1,2	0,7
Fluorene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	2,3	0,9	0,6	0,7
Fenantrene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	3,1	5,1	1,6	2,2
Antracene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	0,6	0,8	0,6	0,6
1-Metilfenantrene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	2,1	1,7	1,3	1,5
Fluorantene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	4,2	6,8	1,7	2,8
Pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	3,6	6,5	1,2	2,1
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	0,6	0,6	0,6	0,6
Benzo[a]antracene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1,4	2,8	0,7	0,7
Crisene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	2,8	4,8	0,8	1,2
Benzo[b+]]fluorantene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	2,9	8,4	2,4	2,7
Benzo[k]fluorantene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1,8	1,8	1,8	1,8
Benzo[e]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	2,1	3,6	1,8	1,8
Benzo[a]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	2,0	1,8	1,8	1,8
Perilene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	3,2	2,8	1,8	2,1
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	2,0	2,1	1,8	1,8
Dibenzofa, h]antracene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1,8	1,8	1,8	1,8
Benzo[g,h,i]perilene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	2,2	3,7	2,0	2,1
Dibenzofa,e]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1,8	1,8	1,8	1,8
Dibenzofa,h]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1,8	1,8	1,8	1,8
Dibenzofa,i]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1,8	1,8	1,8	1,8
Dibenzofa,l]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1,8	1,8	1,8	1,8
<b>Totale</b>	<b>[ng /m<sup>2</sup>/d]</b>	<b>54</b>	<b>73</b>	<b>39</b>	<b>43</b>

Nella tabella sottostante sono confrontati i ratei del 2009 con quelli del 2007 e 2008. I valori sono espressi in  $\text{ng/m}^2/\text{d}$ :

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
<b>2007</b>	82	129	64	43
<b>2008</b>	148	205	38	83
<b>2009</b>	54	73	39	43

Si può notare che effettivamente i ratei annuali parziali del 2009 sono risultati inferiori o quasi identici (Poggio Ombriccolo) a quelli del 2008 e anche a quelli del 2007, sebbene questi ultimi siano riferiti a solo nove mesi del 2007.

### 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 Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Insolubile non caratterizzato	[mg/m <sup>2</sup> ]	9'014	8'067	4'041	4'409
Metalli pesanti totali	[mg/m <sup>2</sup> ]	283	440	268	256
NaCl	[mg/m <sup>2</sup> ]	1'368	1'528	1'670	1'546
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	[mg/m <sup>2</sup> ]	219	350	347	262
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	[mg/m <sup>2</sup> ]	130	151	159	142
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[mg/m <sup>2</sup> ]	404	338	620	397
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[mg/m <sup>2</sup> ]	87	37	55	22
Ca+Mg+K	[mg/m <sup>2</sup> ]	1'465	2'128	832	945
<b>Totale</b>	[mg/m <sup>2</sup> ]	<b>12'969</b>	<b>13'041</b>	<b>7'992</b>	<b>7'979</b>

Tenendo conto anche della frazione di particolato sedimentabile non caratterizzato, la deposizione totale secca annua nelle quattro postazioni è rimasta compresa tra 8 e 13 g/m<sup>2</sup>, 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 Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Insolubile non caratterizzato	[%]	69.4	61.9	50.5	55.2
Metalli pesanti totali	[%]	2.2	3.4	3.4	3.2
NaCl	[%]	10.5	11.7	20.9	19.4
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	[%]	1.7	2.7	4.3	3.3
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	[%]	1.0	1.2	2.0	1.8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[%]	3.1	2.6	7.7	5.0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[%]	0.7	0.3	0.7	0.3
Ca+Mg+K	[%]	11.3	16.3	10.4	11.8

Dai dati della tabella precedente, risulta quindi che non è stato caratterizzato il 62 - 69% della deposizione secca di Borgo Aurelia e Parco Antonelli e il 51 - 55 % della deposizione delle altre due postazioni. Da notare che a Poggio Ombriccolo, i sali marini (NaCl e solfati marini) rappresentano circa il 23% della deposizione secca totale, nonostante si tratti della la postazione più lontana dal mare, una percentuale della stessa entità di quella riscontrata a Bagni S. Agostino, la postazione più prossima al mare. Nelle postazioni di Borgo Aurelia e Parco Antonelli le deposizioni secche di sali marini, calcolate con lo stesso criterio, pesano invece per circa l'11 - 13 %.

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione secca, espressi in mg/m<sup>2</sup>/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 Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Insolubile non caratterizzato	[mg/m <sup>2</sup> /d]	25	22	11	12
Metalli pesanti totali	[mg/m <sup>2</sup> /d]	0.8	1.2	0.7	0.7
NaCl	[mg/m <sup>2</sup> /d]	3.8	4.2	4.6	4.3
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	[mg/m <sup>2</sup> /d]	0.6	1.0	1.0	0.7
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	[mg/m <sup>2</sup> /d]	0.4	0.4	0.4	0.4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[mg/m <sup>2</sup> /d]	1.1	0.9	1.7	1.1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[mg/m <sup>2</sup> /d]	0.2	0.1	0.2	0.1
Ca+Mg+K	[mg/m <sup>2</sup> /d]	4.1	5.9	2.3	2.6
<b>Totale</b>	[mg/m <sup>2</sup> /d]	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>22</b>	<b>22</b>

I ratei annuali di deposizione secca complessiva rimangono quindi compresi tra 22 e 36 mg/m<sup>2</sup>/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 <sup>2</sup> /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 (<sup>13</sup>). I valori del rateo di deposizione di polveri sedimentabili totali misurati in Roma è stato di 59.3 mg/m<sup>2</sup>/d nel 2003 e 47.3 mg/m<sup>2</sup>/d nel 2004, confrontabili con i valori di 22÷36 mg/m<sup>2</sup>/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 tabelle sottostanti 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 <sup>2</sup> /d]	0.81	1.20	0.13	1.73	1.27	0.13	1.02	1.65	0.13	20.42
Cd	[µg/m <sup>2</sup> /d]	0.45	0.10	0.07	0.19	0.09	0.05	0.23	0.09	0.05	0.32	0.08	0.04
Ni	[µg/m <sup>2</sup> /d]	5.05	2.66	1.23	3.29	1.65	1.56	3.42	1.56	0.68	3.89	1.99	0.69
Pb	[µg/m <sup>2</sup> /d]	2.03	2.48	1.34	1.51	2.8	2.65	1.4	1.28	0.90	0.88	1.06	0.87

Postazione ISS di Roma		Anno 2003	Anno 2004
As	[µg/m <sup>2</sup> /d]	9.25	6.97
Cd	[µg/m <sup>2</sup> /d]	0.33	0.20
Ni	[µg/m <sup>2</sup> /d]	4.78	8.39
Pb	[µg/m <sup>2</sup> /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 può notare, comunque, che i ratei riscontrati a Civitavecchia sono inferiori a quelli del 2003-2004 rilevati a Roma.

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

<sup>13</sup> 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)



nel citato Rapporto ISTISAN 06/13. I dati sono mostrati nella tabella seguente, confrontati con gli intervalli determinati a Civitavecchia:

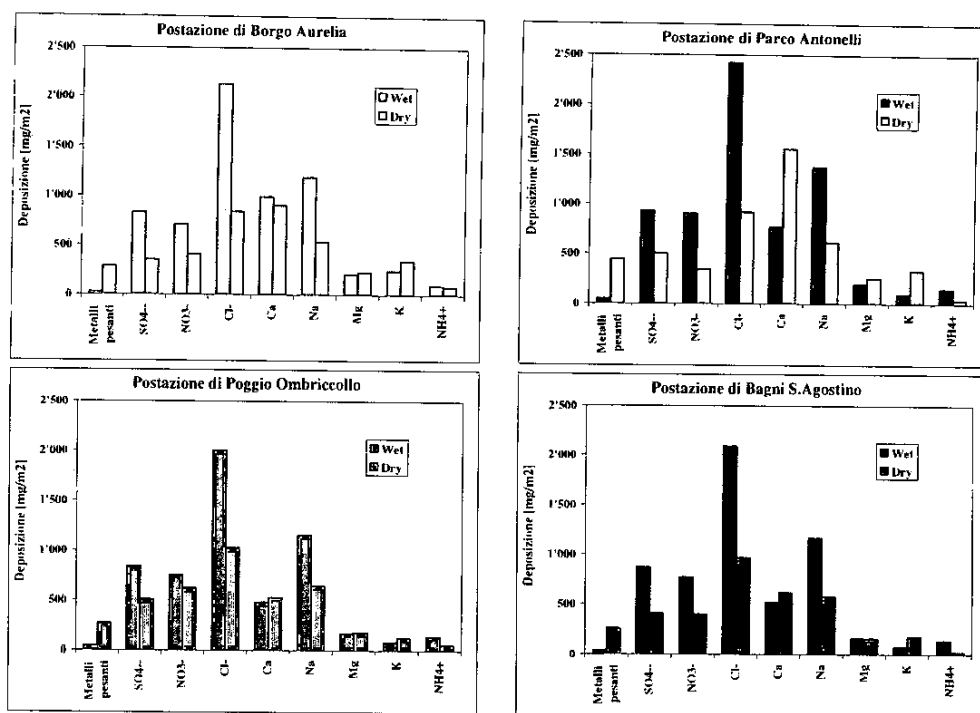
Metallo	Aree rurali	Aree urbane	Aree industriali	Civitavecchia 2007	Civitavecchia 2008	Civitavecchia 2009
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.082 - 0.43	0.22 - 3.4	2.0 - 4.3	0.81 - 1.73 (*)	1.20 - 1.39	0.13
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.011 - 0.14	0.16 - 0.90	0.12 - 4.6	0.19 - 0.45	0.08 - 0.10	0.05 - 0.07
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	0.68 - 1.56

(\*) - 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  $\text{mg}/\text{m}^2$ , di metalli e specie ioniche dovuti alle deposizioni atmosferiche complessive (umide e secche) 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, spiccano le elevate deposizioni al suolo di cloruri e sodio che nel 2009 sono avvenute soprattutto attraverso eventi piovosi, ma anche attraverso la deposizione secca di spray marino. Da notare che 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 Ombriccollo, la più lontana dal mare.

La deposizione di metalli pesanti è avvenuta invece prevalentemente attraverso le polveri sedimentabili per via secca. Come introdotto in precedenza, la deposizione di metalli pesanti è per lo più costituita da elementi metallici cristallini e gli apporti di metalli antropogenici sembrerebbero modesti (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	[%]	46.5	40.5	29.6	32.0
Metalli pesanti totali	[%]	1.6	2.4	2.3	2.1
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	[%]	3.9	4.7	6.6	6.1
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	[%]	2.2	2.4	3.2	3.1
NaCl	[%]	24.2	26.7	35.4	34.8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[%]	5.7	6.2	10.0	8.5
Ca	[%]	9.7	11.6	7.3	8.2
Mg	[%]	2.2	2.3	2.5	2.3
K	[%]	3.0	2.1	1.5	1.8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[%]	0.9	0.9	1.4	1.2

La massima parte della deposizione atmosferica non è stata caratterizzata e dovrebbe essere composta prevalentemente da frazioni minerali contenenti i tipici ossidi di costituenti cristallini, come Si e Fe, e la componente organica (composti organici e carbonio elementare).

Il 24 - 35 % delle deposizioni atmosferiche sono state dovute a cloruro di sodio da spray marino che apporta nelle postazioni anche 2.2 - 3.2 % di solfati. I solfati non marini costituiscono così tra il 3.9 e il 6.6 % delle deposizioni, un intervallo di valori confrontabile con quello dei nitrati che rappresentano tra il 5.7 e il 10 % delle deposizioni atmosferiche. Come già evidenziato, la deposizione di calcio è molto significativa e costituisce tra il 7.3 e il 11.6 % delle deposizioni atmosferiche totali.

Nella tabella che segue sono riportate le deposizioni atmosferiche totali delle specie analizzate espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  o  $\text{mg}/\text{m}^2$ :

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Al	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	256'381	407'572	254'732	245'604
As	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	564	730	717	661
Be	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	58	82	53	57
Cd	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	91	107	107	90
Co	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	115	175	123	113
Cr	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	5'250	3'569	765	902
Cu	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	2'165	2'850	1'506	1'644
Hg	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	144	175	170	156
Mn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	7'090	7'890	5'832	4'989
Ni	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	700	905	617	684
Pb	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	710	1'237	643	577
Pd	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	149	188	185	151
Pt	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	106	134	134	131
Rh	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	156	196	195	178
Sb	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	154	300	217	160
Se	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	1'711	2'207	2'172	2'001
Sn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	616	593	997	383
Te	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	292	374	369	340
Ti	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	15'131	25'746	13'388	14'059
Tl	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	176	203	203	186
V	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	1'000	1'795	1'074	1'018
Zn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	19'132	26'823	28'731	18'931
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	1'176'404	1'429'215	1'341'795	1'273'064
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	1'113'422	1'239'676	1'371'018	1'167'023
Cl <sup>-</sup>	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	2'966'845	3'339'342	3'025'237	3'051'810
Ca	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	1'887'270	2'312'395	1'002'049	1'132'236
Na	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	1'715'828	1'980'845	1'798'460	1'743'523
Mg	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	428'927	454'011	344'427	317'357
K	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	582'191	415'309	209'597	247'721
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$[\mu\text{g}/\text{m}^2]$	183'711	181'388	196'018	159'971
<b>Metalli pesanti totali</b>	<b><math>[\text{mg}/\text{m}^2]</math></b>	<b>312</b>	<b>484</b>	<b>313</b>	<b>293</b>
<b>Specie ioniche totali</b>	<b><math>[\text{mg}/\text{m}^2]</math></b>	<b>10'055</b>	<b>11'352</b>	<b>9'289</b>	<b>9'093</b>
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	754	942	899	844
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	422	487	442	429
NaCl	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	468.3	532.0	482.4	479.5

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	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	950	1'510	943	910
As	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2.1	2.7	2.7	2.4
Be	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.2	0.3	0.2	0.2
Cd	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.3	0.4	0.4	0.3
Co	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.4	0.6	0.5	0.4
Cr	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	19.4	13.2	2.8	3.3
Cu	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	8.0	10.6	5.6	6.1
Hg	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.5	0.6	0.6	0.6
Mn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	26.3	29.2	21.6	18.5
Ni	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2.6	3.4	2.3	2.5
Pb	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2.6	4.6	2.4	2.1
Pd	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.6	0.7	0.7	0.6
Pt	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.4	0.5	0.5	0.5
Rh	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.6	0.7	0.7	0.7
Sb	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.6	1.1	0.8	0.6
Se	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	6.3	8.2	8.0	7.4
Sn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2.3	2.2	3.7	1.4
Te	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1.1	1.4	1.4	1.3
Ti	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	56.0	95.4	49.6	52.1
Tl	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.7	0.8	0.8	0.7
V	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	3.7	6.6	4.0	3.8
Zn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	71	99	106	70
SO <sub>4</sub> --	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	4'357	5'293	4'970	4'715
NO <sub>3</sub> -	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	4'124	4'591	5'078	4'322
Cl-	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	10'988	12'368	11'205	11'303
Ca	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	6'990	8'564	3'711	4'193
Na	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	6'355	7'336	6'661	6'457
Mg	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1'589	1'682	1'276	1'175
K	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2'156	1'538	776	917
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	680	672	726	592
<b>Metalli pesanti totali</b>	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	<b>1.16</b>	<b>1.79</b>	<b>1.16</b>	<b>1.09</b>
<b>Specie ioniche totali</b>	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	<b>37.2</b>	<b>42.0</b>	<b>34.4</b>	<b>33.7</b>
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	2.8	3.5	3.3	3.1
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	1.6	1.8	1.6	1.6
NaCl	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	17.3	19.7	17.9	17.8

## 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. Si sono anche confermati alcuni andamenti caratteristici già emersi dalla valutazione dei risultati del 2007 e del 2008. I principali andamenti riscontrati per il 2009 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  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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 in entrambe di circa  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La polverosità media annuale ricavata mediando tutti 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 confrontabile col valore della concentrazione media del 2007 ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e del 2008 ( $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). 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, verificatisi in massima parte tra febbraio e maggio, e sedici a Parco Antonelli, questi ultimi avvenuti soprattutto nei mesi invernali. Il numero dei superamenti giornalieri nell'anno rimane quindi inferiore al massimo di trentacinque previsto dalla normativa. E' probabile che a buona parte dei superamenti giornalieri riscontrati in tutte le postazioni abbiano contribuito anche 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**, quelli presenti in maggiore concentrazione sono Al, Ti e Zn, i primi due sicuramente associabili ad apporti terrigeni. Cr, Mn, Ni, e Pb sono frequentemente presenti, ma a concentrazioni nettamente inferiori a quelle di Al, Ti e Zn. La concentrazione del Ni sembra avere un andamento con massimi relativi in estate, per cui si confermerebbe l'ipotesi di una correlazione con l'incremento estivo del traffico portuale che induce un maggior impatto sull'aria dovuto alle 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. L'As non è stato mai presente nel PM10 a concentrazioni maggiori del suo limite di rivelabilità. Nessuno tra i metalli previsti dalla normativa italiana o dai valori guida della qualità dell'aria di WHO ha superato il proprio valore limite;
- tra le classi analizzate, le **specie ioniche** (metalli alcalino terrosi, ammonio, solfati, nitrati e cloruri) sono risultate essere sempre la componente maggioritaria del particolato. Dai dati analitici è evidente 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 45% dei solfati può essere di origine marina. Nella maggior parte dei casi, i solfati marini contano intorno al 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 quali: naftalene e i suoi derivati metilici, fenantrene, fluorantene e pirene, probabilmente associabili ad emissioni da motori a combustione interna sia veicolari sia navali;
- 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 emissioni dovute alle maggiori attività portuali;
- su base annuale, i valori medi degli IPA totali sono rimasti compresi tra i 3.2 ng/m<sup>3</sup> di Borgo Aurelia e Poggio Ombriccolo e i 6.0 ng/m<sup>3</sup> di Parco Antonelli. La media annuale calcolata su tutti i dati delle quattro postazioni è risultata di 4.1 ng/m<sup>3</sup>. Rispetto agli anni precedenti, le concentrazioni medie e mediane annuali sono diminuite a Borgo Aurelia e Parco Antonelli, sono rimaste pressoché invariate a Poggio Ombriccolo 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/m<sup>3</sup>;

#### Deposizioni umide (*wet*):

- nel periodo preso in esame, complessivamente si sono avuti poco meno di una trentina di eventi umidi settimanali. In luglio ed agosto non sono avvenute precipitazioni. 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**, le maggiori deposizioni si sono avute in gennaio e dicembre per tutte le postazioni. Nel resto dell'anno si è osservata una diminuzione delle deposizioni di metalli da gennaio a maggio, un aumento in giugno, in coincidenza con le prolungate piogge del mese, e un incremento da settembre a dicembre. I metalli riscontrati a maggiore concentrazione nelle deposizioni umide 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 50 % delle specie ioniche depositate;
- confrontando i ratei di deposizione giornaliera del 2009 con quelli del 2008, si osserva un netto calo dei ratei delle specie ioniche. I ratei di deposizione dei metalli sono rimasti sostanzialmente invariati a Parco Antonelli mentre sono diminuiti nelle altre postazioni;
- gli **IPA** sono stati riscontrati in concentrazioni molto modeste e ciò si è tradotto in deposizioni complessive annuali comprese tra 39 e 50 µg totali per m<sup>2</sup> a seconda della postazione, corrispondenti a ratei di deposizione di 107 - 138 ng/m<sup>2</sup>/d, valori equivalenti o inferiori (Parco Antonelli) a quelli del 2008.

#### Deposizioni secche (*dry*):

- il rateo di deposizione secca di particolato totale sedimentabile è rimasto compreso tra 22 e 36 mg/m<sup>2</sup>/d, 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 comunque significative quantità anche nella frazione lisciviabile. Al, Mn, Ti e V sembrano avere avuto lo stesso andamento temporale e quindi potrebbero avere sorgenti comuni. La somma della deposizione secca di Al, Ti e Zn costituisce il 95-97% 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. È scomparsa anche la sistematicità delle deposizioni secche di Zn a Borgo Aurelia. I ratei annuali di deposizione dei metalli pesanti sono rimasti molto simili a quelli del 2008 nelle postazioni di Borgo Aurelia, Bagni S. Agostino e Poggio Ombriccolo; a Parco Antonelli sono invece aumentati;
- la vicinanza del mare ha apportato una significativa deposizione secca di **spray marino**, costituito prevalentemente da cloruro di sodio il quale da solo ha contribuito per una deposizione pari a 1400-1700 mg/m<sup>2</sup> nell'anno. Da notare che 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 rappresenta il 37-43% delle sole specie analizzate a Borgo Aurelia e Parco Antonelli e il 21-26% nelle altre due postazioni. Valutando invece l'entità della deposizione di questi elementi rispetto alla deposizione secca complessiva (incluso quindi il particolato non caratterizzato) si ha invece che a Parco Antonelli tali metalli contano per il 16% mentre nelle altre postazioni solo per il 10-12%;

- le deposizioni secca totale di **IPA** è stata molto modesta ed è rimasta compresa tra 14 e 26  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  annui a seconda della postazione (massime deposizioni a Parco Antonelli, minime a Poggio Ombriccolo);
- il particolato insolubile non caratterizzato ha rappresentato dal 50 al 69 % dell'intera deposizione secca di particolato sedimentabile totale. Questa frazione contiene elementi crustali, quali silicio e ferro non facenti parte del protocollo analitico ma presenti sotto forma di ossidi, e la componente di carbonio organico.