



**E prot DVA - 2012 - 0019558 del 14/08/2012**

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  
enelproduzione@pec.enel.it

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

<~~~~~>

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

Spett.le  
ISPRA  
Istituto Superiore per la protezione e la  
ricerca ambientale  
Via Vitaliano Brancati, 48  
00144 ROMA RM  
ITALIA

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

Spett.le  
REGIONE LAZIO  
Direzione Regionale Ambiente  
Osservatorio Ambientale  
Via Del Tintoretto, 432  
00142 ROMA RM  
ITALIA

e.p.c.

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



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

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

Oggetto: Centrale Termoelettrica di Torrevaldaliga 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 2011.

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 2011 in conformità al progetto approvato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con lettera prot.n.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.

**Giuseppe Molina**  
UN PROCURATORE

Il presente documento è sottoscritto con firma digitale ai sensi dell'art. 21 del d.lgs. 82/2005. La riproduzione dello stesso su supporto analogico è effettuata da Enel Servizi e costituisce una copia integra e fedele dell'originale informatico, disponibile a richiesta presso l'Unità emittente.

Allegati: Rapporto CESI n. B2023247 del 27/07/2012

Id. 12680199

**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 2011

**Ordine** AQ 8400051749 - Attingimento Nr. 4000298652 del 22-11-2011

**Note** Rev. 0 (AG11ESS031 - lettera di trasmissione prot. B2024255)

PAD B2023247 (1682371) - USO RISERVATO

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

**N. pagine** 114 **N. pagine fuori testo**

**Data** 27/07/2012

**Elaborato** ESS - Maspero Mario

**Verificato** ESS - Sala Maurizio

**Approvato** ESS - Carboni Gabriele (Project Manager)  
B2023247\_3708\_APP

Mod. RAPP v. 7

CESI S.p.A.  
Via Rubattino 54  
I-20134 Milano - Italy  
Tel: +39 02 21251  
Fax: +39 02 21255440  
e-mail: info@cesi.it  
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato  
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150  
P.I. IT00793580150  
N. R.E.A. 429222

Pag. 1/114

© Copyright 2012 by CESI. All rights reserved

## Indice

1	PREMESSA.....	3
2	PIANO DI MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO.....	4
2.1	Frequenza di campionamento.....	4
2.2	Parametri e metodi chimici di analisi.....	5
2.3	Sistemi di campionamento.....	7
2.3.1	Descrizione dei sistemi di campionamento del particolato.....	8
2.3.2	Descrizione dei sistemi di campionamento delle deposizioni atmosferiche.....	8
3	SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO.....	9
3.1	Andamento delle concentrazioni di PM10.....	9
3.1.1	Valori medi mensili di PM10.....	13
3.1.2	Valori medi annuali del PM10.....	16
3.2	Caratterizzazione chimica del particolato PM10.....	18
3.2.1	Metalli nel particolato PM10.....	19
3.2.2	Specie ioniche nel particolato PM10.....	34
3.3	Caratterizzazione chimica di IPA nel particolato PTS e in fase vapore.....	43
3.4	Deposizioni atmosferiche.....	55
3.4.1	Deposizioni atmosferiche umide.....	55
3.4.2	Deposizioni atmosferiche secche.....	84
3.4.3	Deposizioni totali da eventi umidi e secchi.....	109
4	CONCLUSIONI.....	112

## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	27/07/2012	B2023247	Prima emissione

## 1 PREMESSA

Il Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, con nota prot. DSA-2009-0031616 del 225/11/09, ha richiesto ad ENEL di acquisire gli esiti delle attività di monitoraggio ambientale condotte annualmente.

Nel presente rapporto viene presentata una sintesi dei risultati dei monitoraggi ambientali condotti durante il 2011 nelle quattro postazioni ubicate nel comprensorio di Civitavecchia, che comprende:

- 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.

I risultati dei monitoraggi eseguiti nel 2011 sono di volta in volta confrontati con quelli degli anni precedenti.

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 la 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:

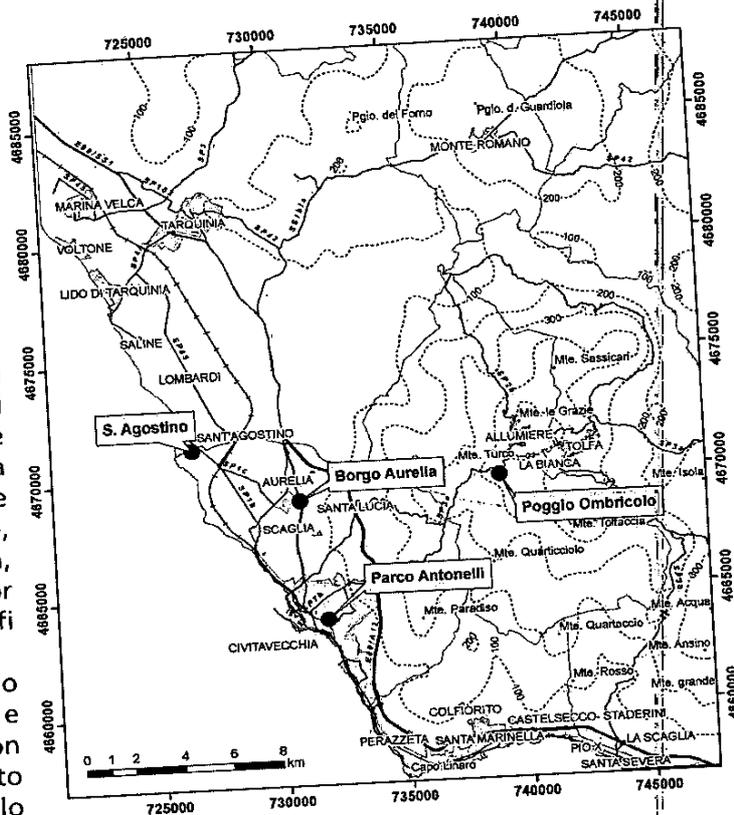
- Borgo Aurelia, presso la postazione n° 1 della RRQA;
- Bagni S. Agostino, presso la postazione n° 2 della RRQA;
- Poggio Ombriccolo Tolfa, presso la postazione n° 9 della RRQA;
- Parco Antonelli, presso la postazione ARPA Lazio.

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 determinazioni di microinquinanti organici ed inorganici (metalli), di specie ioniche influenzanti l'acidità atmosferica e, relativamente alle sole deposizioni umide, anche per pH e conducibilità, come descritto in maggior dettaglio nei paragrafi successivi.

Le attività di monitoraggio hanno avuto inizio nel 2007 e proseguono regolarmente con la frequenza di campionamento stabilita con gli enti di controllo (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 (1), la frequenza di campionamento in ciascuna postazione è stata stabilita in "un giorno ogni 6 per un totale di 5 giorni mensili". In seguito, con la nota prot. 0001862 del 22/01/2007, ARPA Lazio ha valutato che "vista la caratteristica tipicamente rurale" delle postazioni di Poggio Ombriccolo e S.

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

*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:

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

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

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

## 2.2 Parametri e metodi chimici di analisi

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

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

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

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

- **Microinquinanti inorganici:**  
Al, As, Be, Cr, Co, Ni, Cd, Hg, Tl, Se, Te, Sb, Mn, Pd, Pt, Pb, Cu, Rh, Sn, V, Zn, Ti;
- **Sostanze influenzanti l'acidità atmosferica:**  
Ca, Na, Mg, K, NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub><sup>=</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 (2).

Nel contesto di un miglioramento continuo della affidabilità delle determinazioni chimiche, nel 2011 sono stati abbassati i limiti di rilevabilità strumentale (LdR) di alcuni metalli nel particolato PM10, al fine di consentire una migliore interpretazione dei dati

<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)

misurati. Di seguito viene riportata la tabella dei limiti di concentrazione in aria per i metalli analizzati nel particolato PM10, con valori calcolati con il LdR.

Parametro	Vecchio limite di rilevabilità in aria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Nuovo limite di rilevabilità in aria II [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Al	0.10	0.10
As	0.008	0.0004
Be	0.0004	0.0004
Cd	0.0008	0.0002
Co	0.0008	0.0002
Cr	0.004	0.004
Cu	0.008	0.001
Hg	0.0001	0.0001
Mn	0.004	0.002
Ni	0.004	0.001
Pb	0.002	0.0004
Pd	0.002	0.0004
Pt	0.001	0.0004
Rh	0.0004	0.0002
Sb	0.002	0.0002
Se	0.02	0.001
Sn	0.004	0.001
Te	0.004	0.0002
Ti	0.008	0.010
Tl	0.002	0.0002
V	0.04	0.0004
Zn	0.01	0.02

### 2.3 Sistemi di campionamento

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

Tipo di campionatore	Normativa di riferimento	Modalità e durata di ciascun campionamento
Campionatore "Alto volume" di polveri totali	- ISO 12884:2000 (richiamata punto II, allegato V della Direttiva 2004/107/CE) - DM 25.11.1994, allegato VII	- supporto filtrante in fibra di vetro per il campionamento del particolato e di una schiuma poliuretana (PUF) per il campionamento della componente gassosa (ISO 12884) - durata esposizione: 24 ore (DM 25.11.1994)
Campionatore automatico sequenziale di polveri PM10	- EN 12341 (richiamata all'art. 19 del DM 60/2002)	- supporto filtrante in Teflon - durata esposizione: 24 ore - al termine del campionamento giornaliero il filtro viene automaticamente sostituito da un nuovo supporto filtrante e avviato un nuovo prelievo
Deposimetro Wet&Dry	- UNI EN 15841:2010 (metalli) - UNI EN 15980:2011 (IPA)	- campionamento delle deposizioni secche raccolte nel corso di un mese - campionamento delle deposizioni umide ad evento - contenitore in PTE per la raccolta della componente inorganica e contenitore in vetro per la raccolta della componente organica

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

### 2.3.1 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  $500^\circ\text{C}$  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  $1 \text{ m}^2$  ed espressa come  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$  per le specie inorganiche e come  $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$  per le specie organiche.

### 3 SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

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

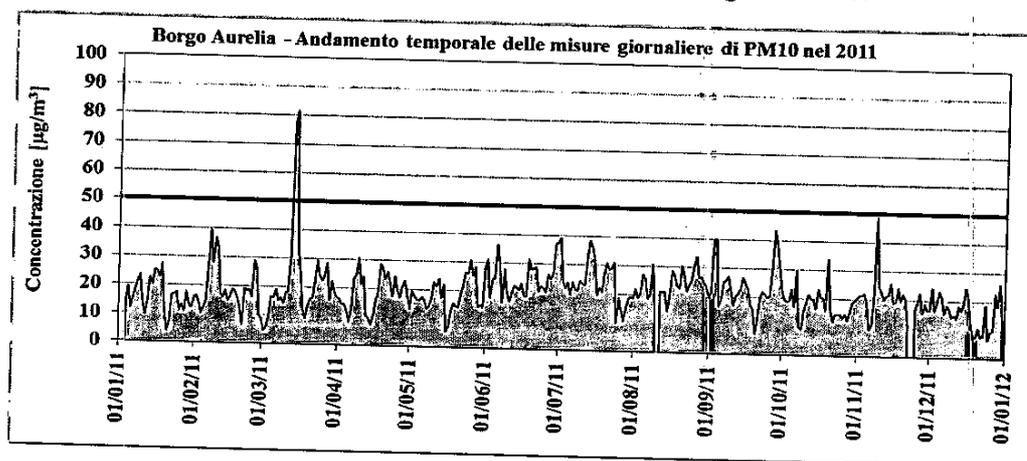
#### 3.1 Andamento delle concentrazioni di PM10

Nel periodo compreso tra il 1/1 al 31/12/11, nelle quattro postazioni sono stati raccolti almeno il 91 % dei campioni totali di PM10 previsti, come riportato nel prospetto che segue:

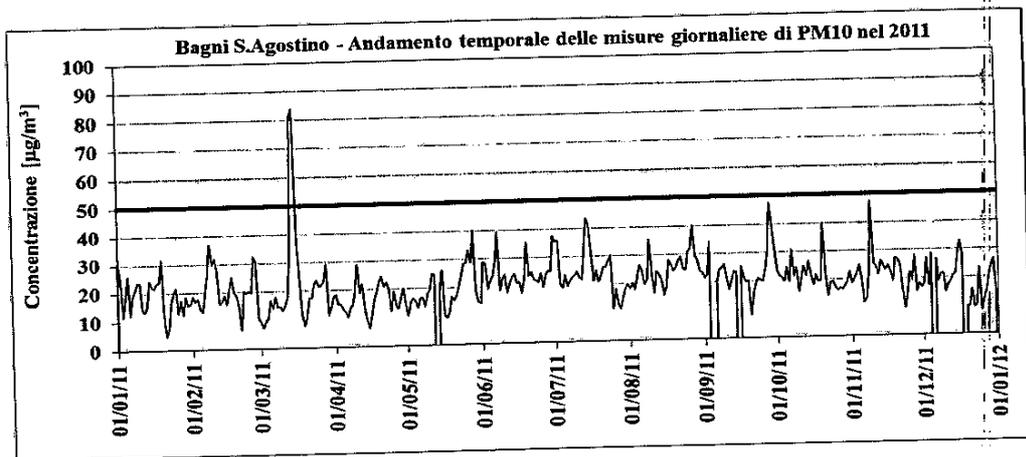
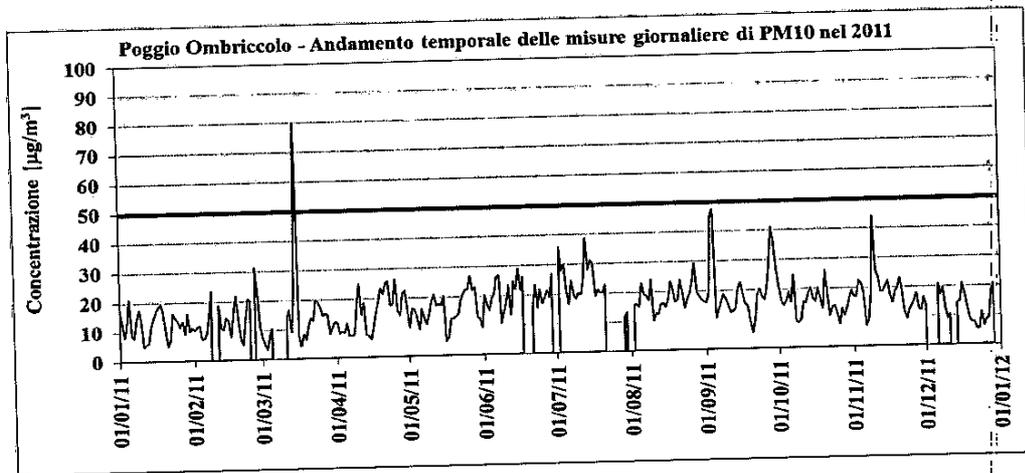
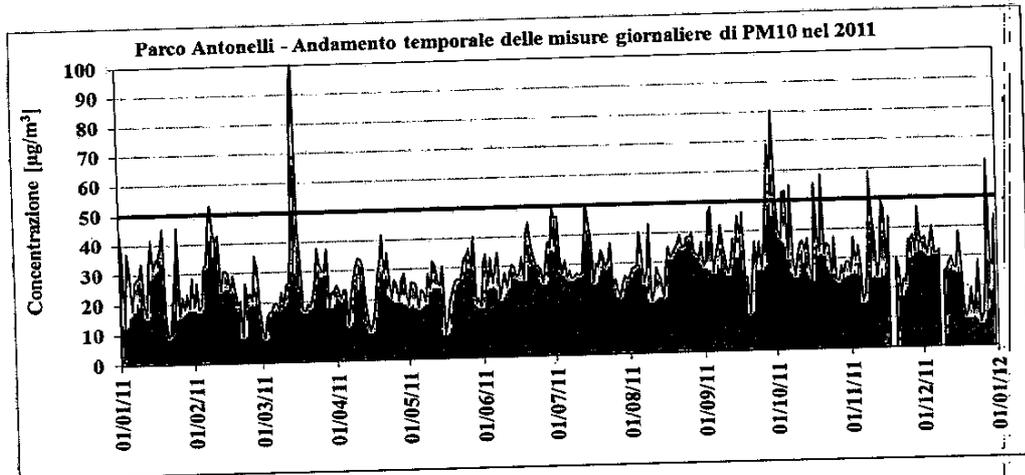
	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
N° valori giornalieri previsti	365	365	365	365
N° valori giornalieri sperimentali	359	362	335	359
% valori giornalieri sperimentali	98.4	99.2	91.8	98.4

Per tutte le postazioni è stato quindi pienamente rispettato il periodo di copertura di almeno il 90%, richiesto dal Dlgs n° 155 del 13 agosto 2010, quest'ultimo entrato in vigore il 30/09/2010. Da sottolineare il particolare buon funzionamento delle postazioni di Parco Antonelli (oltre il 99 % di periodo di copertura) e delle postazioni di Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino (oltre il 98%). Per quanto riguarda Poggio Ombriccolo, l'8% circa di campioni non raccolti è in massima parte imputabile ad interruzioni della alimentazione elettrica del campionatore.

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 µg/m<sup>3</sup> del DM n° 60 del 02/04/2002<sup>3</sup>, in modo da evidenziare gli eventuali superamenti. Una concentrazione pari a 0 corrisponde alla mancanza del dato giornaliero.



<sup>3</sup> Il valore limite è stato mantenuto nel Dlgs n. 155 del 13/10/2011



Dai dati sopra riportati, si conferma l'andamento generale già emerso nei monitoraggi riguardanti gli anni precedenti, ovvero che nella postazione urbana di Parco Antonelli il PM10 eccede più frequentemente la soglia di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (16 superamenti nel 2011) e la sua concentrazione è più elevata rispetto alle altre postazioni.

Per le altre tre stazioni, gli andamenti delle figure precedenti evidenziano una fluttuazione dei valori di PM10 entro quella che si potrebbe considerare una normale variabilità ambientale, senza prolungati periodi d'intensa polverosità in aria e con un ridottissimo numero di superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>. I superamenti infatti si sono limitati a due episodi avvenuti il 14/3 e il 15/3/11 che hanno riguardato le postazioni di Borgo Aurelia, Parco Antonelli e Bagni S. Agostino per entrambe le giornate e quella di Poggio Ombriccolo solo il 15/3. Altri episodi di superamento del valore limite giornaliero sono avvenuti tra ottobre e novembre 2011, ma solo nella postazione di Parco Antonelli, per la quale si è avuto un totale di 16 superamenti giornalieri a fronte degli 1-2 delle altre postazioni. Nella tabella che segue sono riassunte le giornate in cui si sono verificati superamenti in almeno una della postazioni e la concentrazione riscontrata. I valori di concentrazione maggiori del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> sono stati evidenziati con sfondo grigio:

Data	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
08/02/11	39	53	24	37
14/03/11	78	92	22	81
15/03/11	82	103	80	84
14/07/11	39	51	28	44
27/09/11	30	52	29	30
28/09/11	43	69	41	47
29/09/11	39	60	36	40
30/09/11	31	80	26	31
01/10/11	23	51	20	23
04/10/11	19	53	16	20
05/10/11	23	53	19	25
07/10/11	30	55	25	31
17/10/11	21	56	20	22
20/10/11	34	58	26	40
09/11/11	49	59	44	47
28/12/11	23	62	18	21
<b>N. totale superi</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

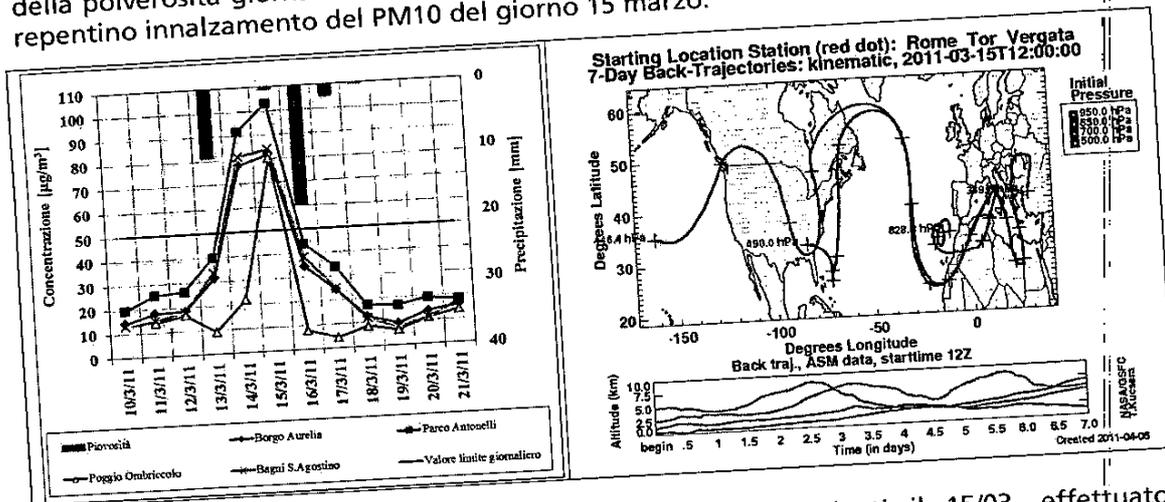
Nella tabella che segue, sono confrontati i numeri di superamenti avvenuti mensilmente nel 2011 in ciascuna postazione con quelli del 2008-10:

	Borgo Aurelia				Parco Antonelli				Poggio Ombriccolo				Bagni S. Agostino				
	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011	
Gennaio	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febbraio	0	2	0	0	0	3	1	1	0	1	0	0	0	0	2	1	0
Marzo	0	0	0	2	2	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Aprile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maggio	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Giugno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0
Luglio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Settembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ottobre	1	0	0	0	1	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Novembre	1	0	0	0	2	5	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Dicembre	0	0	0	0	4	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Totale anno</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

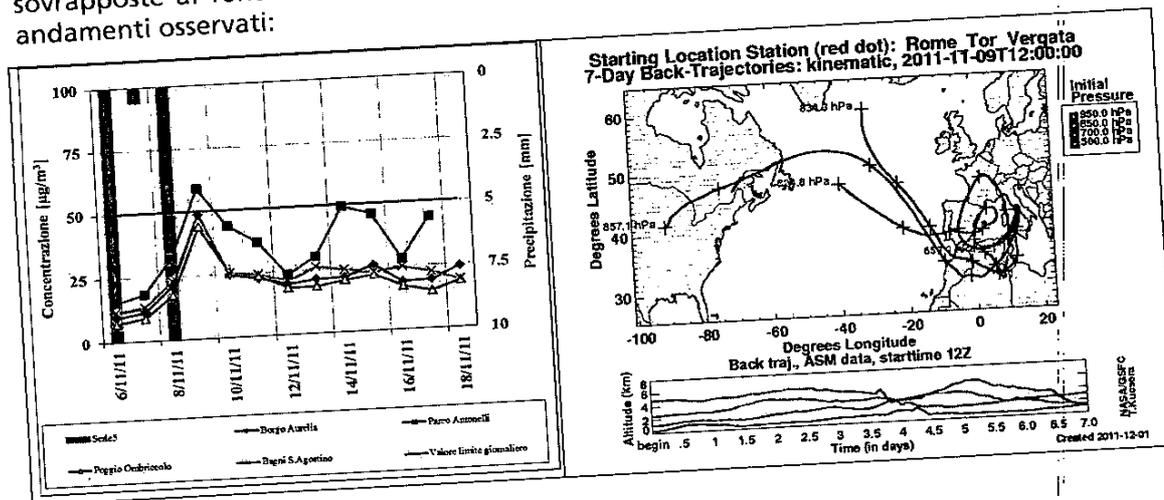
Dopo un 2010 caratterizzato da un limitato numero di superamenti giornalieri, nel 2011 gli andamenti sono più simili a quelli del 2008 e 2009, i quali sono stati caratterizzati da superamenti della soglia giornaliera preferibilmente in inverno, quando le sorgenti locali

## RAPPORTO

potrebbero avere una maggiore influenza sul PM10 a causa dello scaso rimescolamento degli strati più bassi dell'atmosfera che favoriscono l'accumulo degli inquinanti primari, tra cui il particolato fine. Escludendo la postazione di Parco Antonelli che ha avuto il tipico andamento di una stazione urbana, i superamenti del valore limite giornaliero nelle altre postazioni si sono avuti solo tra il 14 e il 15/03. Relativamente a quest'ultimo superamento, nella figura sottostante di sinistra è mostrato il dettaglio dell'andamento della polverosità giornaliera nelle quattro postazioni dalla quale si coglie il simultaneo e repentino innalzamento del PM10 del giorno 15 marzo:



L'esame delle *back trajectories* per i sette giorni precedenti il 15/03, effettuato utilizzando una versione on-line semplificata del software Hysplit, evidenzia che le masse d'aria provenienti dall'Atlantico sono transitate sull'Africa Occidentale e si sono quindi potute caricare di sabbie sahariane. Queste sabbie hanno evidentemente influito sul PM10 atmosferico dell'intero comprensorio e la pioggia del 16/3 ha drasticamente ridotto le polveri aerodisperse. Un episodio analogo si è avuto anche il 9/11, preceduto da intense piogge nei giorni 6 e 8/11 che hanno limitato l'influenza delle sabbie sahariane. Solo a Parco Antonelli il PM10 ha superato il valore limite giornaliero, in quanto le polveri apportate dall'Africa si sono sovrapposte al fondo ambientale di questa postazione. Le figure seguenti illustrano gli andamenti osservati:



Si tratterebbe quindi di due classici casi di apporto di sabbie del deserto sul comprensorio di Civitavecchia, eventi già evidenziati nella valutazione dei dati del 2008 e 2009.

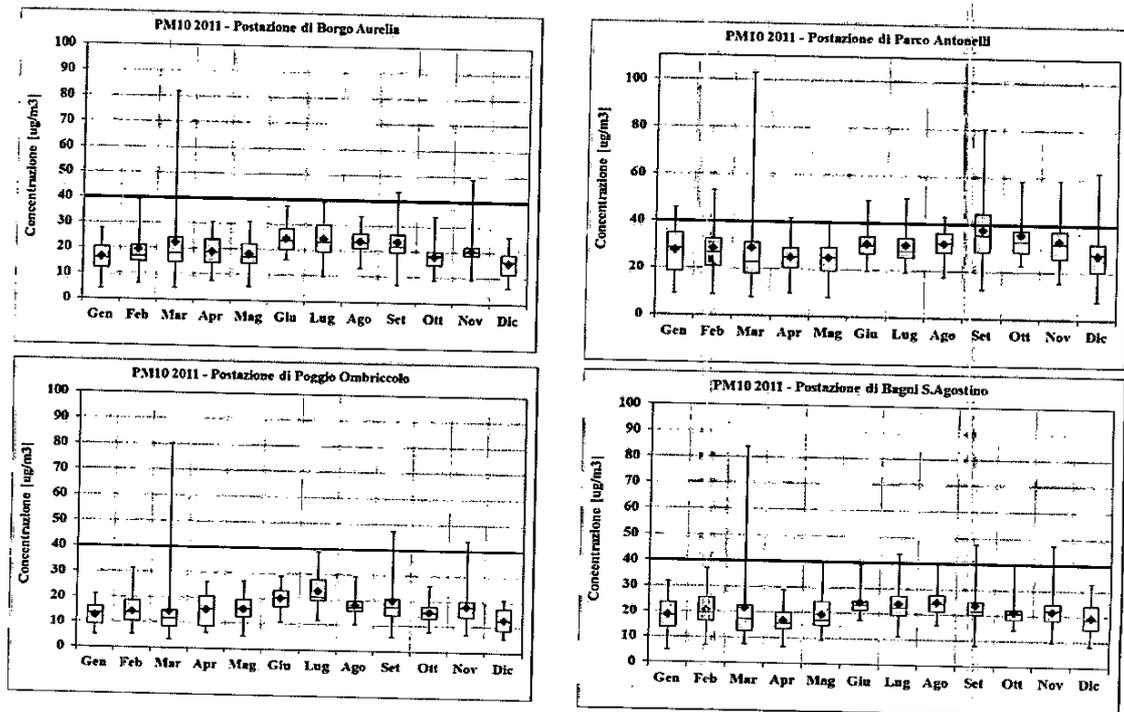
### 3.1.1 Valori medi mensili di PM10

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, è stato aggiunto anche il valore medio di ciascun set di dati, rappresentato dal rombo in rosso.



Dai grafici precedenti, si possono notare i seguenti andamenti:

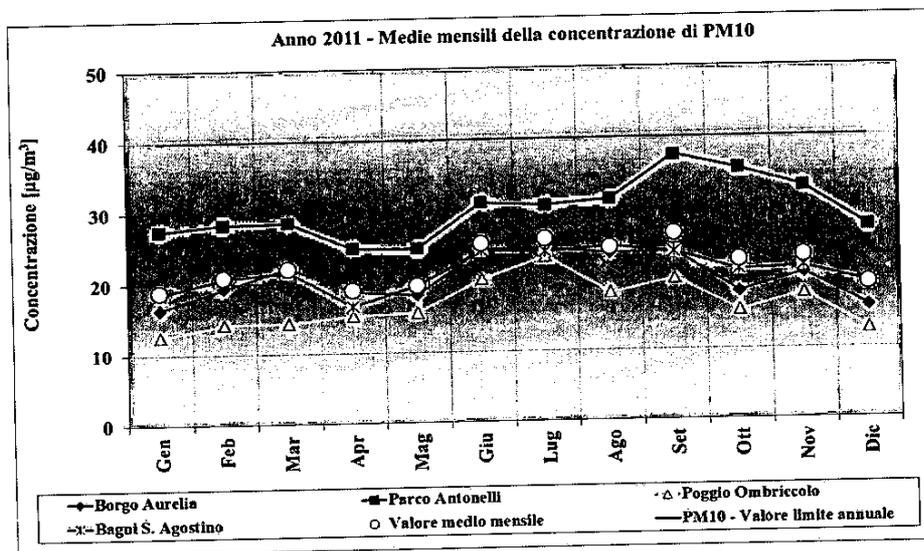
- è possibile cogliere un andamento ciclico stagionale dei valori medi e mediani mensili del PM10, con valori spesso più elevati nel periodo estivo con massimi relativi in luglio-agosto;
- per le postazioni meno urbanizzate, la distribuzione dei valori di PM10, quindi la variabilità, è maggiore in autunno e in inverno e più ridotta in primavera ed in estate;

- per la maggior parte dei mesi, la distribuzione dei dati appare simmetrica e il valor medio è prossimo alla mediana, ad eccezione del mese di marzo a causa dell'episodio di apporto di sabbie sahariane visto in precedenza.

Nella tabella che segue, sono riassunti i valori medi mensili di concentrazione di PM10, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , nelle quattro postazioni, 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	16 ± 6	27 ± 10	13 ± 4	19 ± 6	19 ± 9
Febbraio	19 ± 8	28 ± 10	14 ± 6	21 ± 7	21 ± 9
Marzo	22 ± 17	29 ± 20	14 ± 14	22 ± 18	22 ± 18
Aprile	19 ± 6	25 ± 7	15 ± 6	17 ± 5	19 ± 7
Maggio	18 ± 6	25 ± 7	16 ± 5	19 ± 7	19 ± 7
Giugno	24 ± 6	31 ± 7	20 ± 5	24 ± 5	25 ± 7
Luglio	24 ± 8	31 ± 8	23 ± 7	24 ± 8	26 ± 8
Agosto	24 ± 5	31 ± 7	18 ± 4	25 ± 5	25 ± 7
Settembre	24 ± 8	38 ± 14	20 ± 10	24 ± 8	26 ± 12
Ottobre	18 ± 5	36 ± 11	15 ± 4	21 ± 5	23 ± 10
Novembre	21 ± 7	33 ± 10	18 ± 7	22 ± 7	23 ± 10
Dicembre	16 ± 6	27 ± 12	13 ± 5	19 ± 7	19 ± 9

I valori medi mensili della tabella precedente sono confrontati 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:
- la maggiore polverosità su base mensile si riscontra costantemente nella postazione di Parco Antonelli, la minima a Poggio Ombriccolo, confermando quanto già emerso negli anni precedenti;

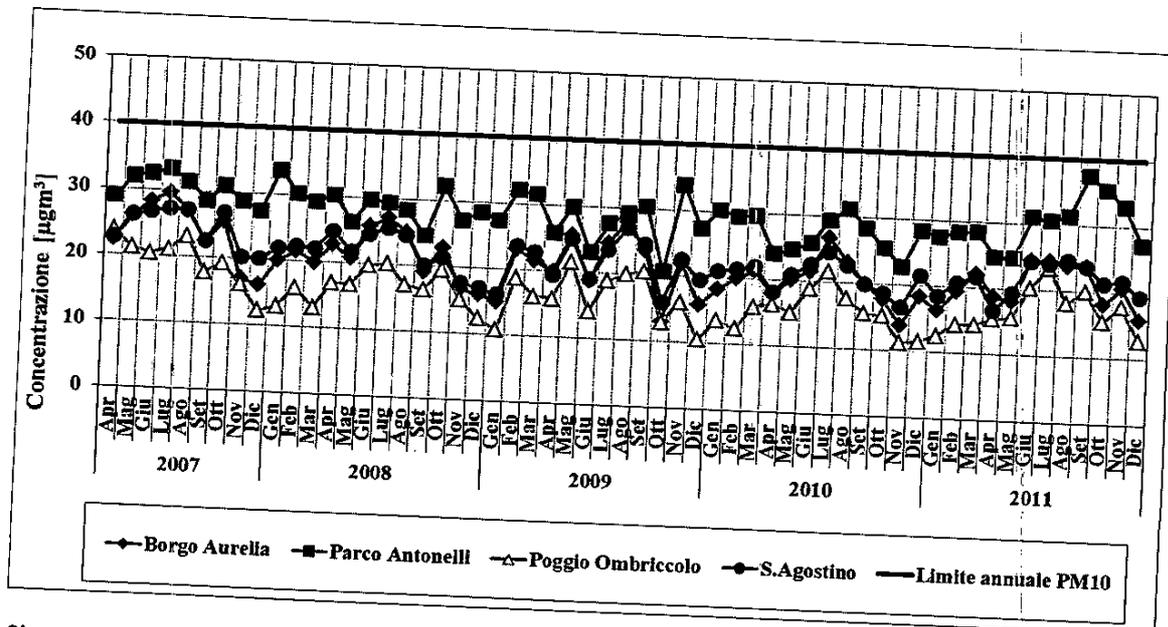
- le concentrazioni medie mensili di PM10 nelle postazioni di Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino sono molto simili tra loro, intermedie tra quelle delle altre due postazioni e molto prossime a quelle calcolate per l'intero comprensorio;
- i valori medi mensili di PM10 sono rimasti sempre ben al di sotto del valore limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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	16 (Dic)	25 (Mag)	13 (Gen)	17 (Apr)
Massimo	25 (Giu-Lug)	38 (Set)	23 (Lug)	25 (Ago)
Delta Max - Min	9	13	10	8

L'ampiezza dell'escursione dei valori di concentrazione tra minima e massima polverosità media mensile è stata dunque di circa  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nella postazione di Bagni S. Agostino,  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a Borgo Aurelia, di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a Poggio Ombriccolo e di circa  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nella postazione di Parco Antonelli.

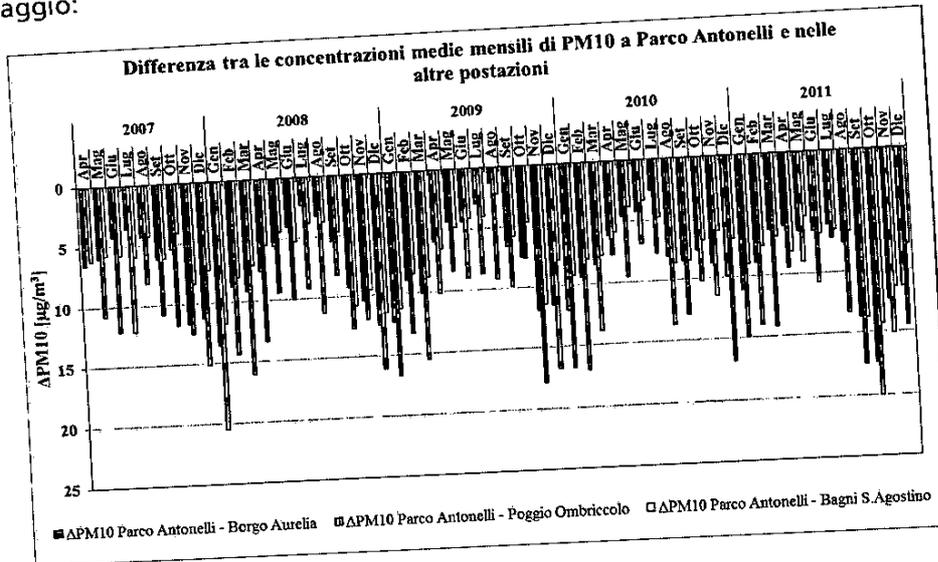
I minimi di polverosità media mensile del 2011 si sono registrati in gennaio e dicembre (a novembre nel 2010) per le postazioni di Borgo Aurelia e Poggio Ombriccolo e nei mesi di aprile e maggio per Parco Antonelli e Bagni S. Agostino. I massimi di polverosità media mensile sono invece avvenuti a settembre nella postazione di Parco Antonelli e nel periodo estivo nelle altre postazioni (giugno - agosto).

Nella figura che segue è riassunto l'andamento della media mensile di PM10 nell'intero periodo di monitoraggio (da apr. 2007 a dic. 2011):



Si può notare come nel periodo compreso tra aprile 2007 e dicembre 2011 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 per le prime due postazioni e primaverile per la postazione di Bagni S.

Agostino. A Parco Antonelli la ciclicità è molto meno accentuata e i massimi di polverosità dell'anno avvengono preferibilmente in autunno. 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 per tutti i mesi dell'anno, tra Parco Antonelli e la postazione rurale di Poggio Ombriccolo, che ha quasi sempre la minima concentrazione media mensile di PM10, come già introdotto in precedenza.

### 3.1.2 Valori medi annuali del PM10

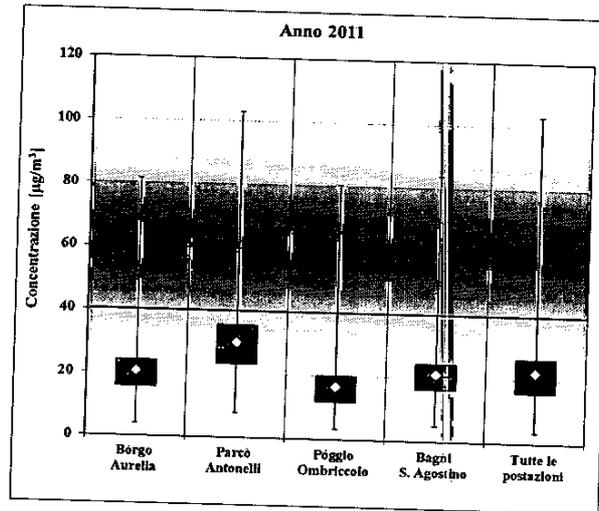
Nella tabella sottostante sono riportati i dati statistici annuali per tutte le postazioni, sempre espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino	Tutte le postazioni
Media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	20.5	30.0	16.6	21.3	22.2
Dev. Stand.	8.3	11.4	7.6	8.3	10.3
Minimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	3.9	7.7	3.3	4.9	3.3
Massimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	81.7	103.2	80.2	83.9	103.2
Mediana ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	19.6	28.9	16.1	20.8	20.7
25° percentile	15.7	23.3	11.9	16.6	15.8
50° percentile	19.6	28.9	16.1	20.8	20.7
75° percentile	24.2	35.5	20.2	24.5	26.6
95° percentile	33.5	48.4	27.1	34.2	39.5

Come già anticipato commentando i 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 nella postazione urbana di Parco Antonelli ( $30.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), la minima nella postazione rurale di Poggio Ombriccolo ( $16.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). 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  $20.5$  e  $21.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La polverosità media annuale dell'intero comprensorio è di  $22.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

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.



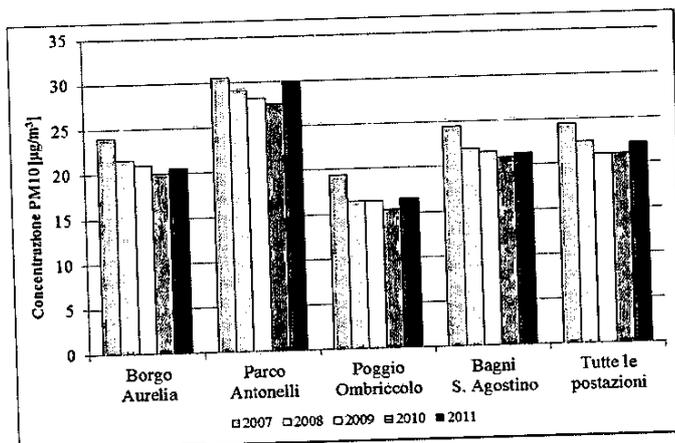
Relativamente alla dispersione dei dati annuali, la distribuzione risulta praticamente normale e valori medi e mediani di fatto coincidono.

Nella tabella che segue, sono riassunti i valori medi annuali di polverosità ( $\pm 1$  deviazione standard) nelle quattro postazioni di monitoraggio e calcolati per l'intero comprensorio (colonna "Tutte le postazioni") per il periodo 2007 - 2011:

	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	$20.9 \pm 11.5$	$28.2 \pm 13.2$	$16.4 \pm 10.5$	$21.5 \pm 10.7$	$21.8 \pm 12.2$
2010	$20.0 \pm 7.0$	$27.5 \pm 9.1$	$15.4 \pm 6.3$	$20.8 \pm 7.1$	$21.0 \pm 8.6$
2011	$20.5 \pm 8.3$	$30.0 \pm 11.4$	$16.6 \pm 7.6$	$21.3 \pm 8.3$	$22.2 \pm 10.3$

Si può notare che la polverosità del 2011, riferita sia alle singoli postazioni sia a tutto il comprensorio, è minore di  $0.5-3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rispetto ai dati del 2007 e risulta pressoché equivalente a quella del 2008 e 2009, ma di poco più elevata valori medi del 2010.

L'andamento della polverosità media annuale negli anni di monitoraggio è mostrata nella figura che segue in forma di istogrammi:



Escludendo il 2007 che è limitato a circa 8 mesi di monitoraggio, si può osservare che la concentrazione media di PM10 oscilla entro un intervallo molto limitato, circa  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , prefigurando uno stato quasi stazionario della polverosità atmosferica.

### 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,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{Cl}^-$

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>(4)</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.

<sup>4</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

### 3.2.1 Metalli nel particolato PM10

Ricordando che alcuni limiti di rilevabilità in aria dei metalli sono stati migliorati, nelle tabelle che seguono sono riportate le concentrazioni medie mensili e le deviazioni standard dei metalli rilevati in ciascuna delle postazioni di misura di Civitavecchia.

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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.22 ± 0.18	0.21 ± 0.06	0.23 ± 0.13	0.39 ± 0.06	0.18 ± 0.29	0.05 ± n.c.
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0004 ± 0.0002	0.0002 ± n.c.	0.0004 ± 0.0004	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.				
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.				
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0002 ± 0.0002	0.0002 ± 0.0003	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.008 ± 0.001	0.012 ± 0.006	0.006 ± 0.003	0.010 ± 0.002	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.006 ± 0.002	0.003 ± 0.002	0.004 ± 0.004	0.005 ± 0.004	0.002 ± 0.001	0.004 ± 0.004
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.				
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004 ± 0.001	0.005 ± 0.004	0.002 ± 0.001	0.004 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.001
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.007 ± 0.009	0.016 ± 0.034	0.003 ± 0.003	0.009 ± 0.011	0.008 ± 0.006
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004 ± 0.003	0.004 ± 0.002	0.007 ± 0.010	0.004 ± 0.001	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.				
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.				
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.				
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.0005	0.0003 ± 0.0003	0.001 ± 0.001	0.0001 ± 0.0001	0.002 ± 0.004
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004 ± 0.0002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.003 ± 0.001	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0005 ± 0.0004	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.001 ± 0.001
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.				
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.009 ± 0.010	0.005 ± n.c.	0.005 ± n.c.	0.020 ± 0.002	0.090 ± 0.015	0.093 ± 0.011
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.				
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± 0.002	0.003 ± 0.002	0.003 ± 0.001	0.006 ± 0.01	0.001 ± 0.001	0.01 ± 0.01
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.026 ± 0.015	0.023 ± 0.008	0.049 ± 0.073	0.043 ± 0.014	0.010 ± n.c.	0.010 ± n.c.

Postazione di Borgo Aurelia						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.05 ± n.c.	0.35 ± 0.18	0.18 ± 0.24	0.21 ± 0.21	0.14 ± 0.09	0.05 ± n.c.
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.001 ± 0.00003	0.001 ± 0.0002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.0001
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0015 ± 0.0009	0.0010 ± 0.00001
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0006 ± 0.00001	0.0006 ± 0.00003	0.0013 ± 0.0007	0.0009 ± 0.00005
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0005 ± 0.00003	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0021 ± 0.0012	0.0015 ± 0.00003
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.001	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.005 ± 0.006	0.003 ± 0.001	0.002 ± n.c.
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.003 ± 0.001	0.003 ± 0.003	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.001
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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.003 ± 0.002	0.003 ± 0.001	0.003 ± 0.002	0.003 ± 0.001	0.001 ± 0.001
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.045 ± 0.050	0.005 ± 0.002	0.004 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.005 ± 0.002	0.003 ± 0.0005
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.003 ± 0.001	0.005 ± 0.002	0.003 ± 0.001
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0006 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0013 ± 0.00001	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0031 ± 0.0018	0.0023 ± 0.00004
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0021 ± 0.0013	0.0016 ± 0.00002
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.0002	0.001 ± 0.0003	0.001 ± 0.0005	0.002 ± 0.001	0.001 ± 0.0003
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.0001
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± n.c.	0.003 ± 0.001	0.001 ± 0.0005	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± 0.0001	0.0001 ± n.c.	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.00004
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.092 ± 0.006	0.281 ± 0.061	0.121 ± 0.110	0.010 ± 0.012	0.005 ± n.c.	0.005 ± n.c.
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.003 ± 0.002	0.002 ± 0.00001
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± 0.002	0.01 ± 0.004	0.01 ± 0.004	0.003 ± 0.002	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.015 ± 0.012	0.025 ± 0.015	0.010 ± n.c.	0.038 ± 0.028	0.027 ± 0.016	0.010 ± n.c.

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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.44 ± 0.26	0.37 ± 0.17	0.37 ± 0.14	0.51 ± 0.18	0.47 ± 0.42	0.34 ± 0.12
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004 ± 0.0002	0.0005 ± 0.0003	0.0004 ± 0.0002	0.001 ± 0.001	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± 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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0003 ± 0.0003	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0002 ± 0.0002	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.010 ± 0.001	0.010 ± 0.004	0.009 ± 0.002	0.015 ± 0.011	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.034 ± 0.015	0.014 ± 0.010	0.013 ± 0.007	0.029 ± 0.034	0.007 ± 0.003	0.010 ± 0.004
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.011 ± 0.004	0.007 ± 0.004	0.006 ± 0.003	0.008 ± 0.004	0.003 ± 0.002	0.002 ± 0.002
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004 ± 0.003	0.001 ± 0.001	0.0004 ± 0.0003	0.004 ± 0.003	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.002
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.006 ± 0.002	0.006 ± 0.002	0.003 ± 0.001	0.005 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.002 ± 0.001
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004 ± 0.0002	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.001	0.013 ± 0.022	0.0001 ± n.c.	0.003 ± 0.006
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004 ± 0.0002	0.001 ± 0.0004	0.0004 ± 0.0003	0.003 ± 0.001	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.0004 ± 0.0003
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± 0.0001	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.025 ± 0.015	0.005 ± n.c.	0.005 ± n.c.	0.049 ± 0.050	0.122 ± 0.012	0.170 ± 0.059
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.002	0.003 ± 0.002	0.003 ± 0.001	0.01 ± 0.005	0.002 ± 0.003	0.004 ± 0.003
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.040 ± 0.02	0.032 ± 0.02	0.035 ± 0.02	0.046 ± 0.01	0.020 ± 0.02	0.043 ± 0.02

Postazione di Parco Antonelli						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.29 ± 0.17	0.65 ± 0.67	0.58 ± 0.42	1.16 ± 0.72	0.54 ± 0.45	0.19 ± 0.15
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0004 ± 0.0002	0.0005 ± 0.0002	0.001 ± 0.0004	0.002 ± 0.001	0.001 ± 0.0001
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0014 ± 0.0006	0.0011 ± 0.00002
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0006 ± 0.0002	0.0013 ± 0.0006	0.0009 ± 0.00002
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0004 ± 0.0001	0.0004 ± 0.00004	0.0003 ± 0.0001	0.0021 ± 0.001	0.0015 ± 0.00003
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± n.c.	0.004 ± 0.002	0.002 ± n.c.	0.006 ± 0.002	0.008 ± 0.007	0.004 ± 0.002
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.007 ± 0.001	0.005 ± 0.003	0.005 ± 0.005	0.011 ± 0.008	0.023 ± 0.028	0.007 ± 0.003
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.00004 ± 0.00002	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.002	0.006 ± 0.003	0.005 ± 0.003	0.012 ± 0.004	0.011 ± 0.012	0.004 ± 0.001
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.004 ± 0.002	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.005 ± 0.003	0.004 ± 0.001
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.0003	0.002 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.003 ± 0.001	0.006 ± 0.004	0.004 ± 0.001
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0006 ± n.c.	0.0006 ± 0.00004	0.0003 ± 0.0002	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0013 ± n.c.	0.0014 ± 0.0002	0.0004 ± 0.0004	0.0029 ± 0.0013	0.0023 ± 0.00004
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0020 ± 0.0008	0.0016 ± 0.00002
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.0002	0.004 ± 0.008	0.006 ± 0.006	0.005 ± 0.007
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.0001
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.003 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.004 ± 0.006	0.001 ± 0.001
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0002 ± 0.0001	0.0001 ± 0.0001	0.001 ± 0.0005	0.001 ± 0.00004
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.092 ± 0.053	0.005 ± n.c.	0.012 ± 0.011	0.026 ± 0.051	0.005 ± n.c.	0.005 ± n.c.
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± 0.00002	0.0001 ± 0.0001	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.00002
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.003	0.01 ± 0.004	0.01 ± 0.002	0.004 ± 0.002	0.003 ± 0.003	0.002 ± 0.001
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.016 ± 0.01	0.029 ± 0.02	0.022 ± 0.01	0.053 ± 0.01	0.074 ± 0.05	0.036 ± 0.01

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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.25 ± 0.19	0.32 ± 0.19	0.29 ± 0.07	0.26 ± 0.06	0.41 ± 0.14	0.28 ± 0.16
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0003 ± 0.0002	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± 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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0003 ± 0.00002	0.0004 ± 0.00004
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.008 ± 0.001	0.008 ± 0.002	0.008 ± 0.0005	0.010 ± 0.001	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± 0.001	0.004 ± 0.004	0.002 ± 0.0003	0.001 ± 0.001	0.001 ± n.c.	0.001 ± 0.001
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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.002	0.002 ± 0.001	0.001 ± n.c.	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.003 ± 0.002
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.0001	0.002 ± 0.0002	0.004 ± 0.003	0.002 ± 0.001
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.0014	0.004 ± 0.0018	0.002 ± 0.0005	0.004 ± 0.0038	0.002 ± 0.0003	0.002 ± 0.0005
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0006 ± n.c.	0.0006 ± n.c.
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0014 ± n.c.	0.0014 ± 0.00001
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0005 ± 0.0003	0.0005 ± 0.0001
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± n.c.	0.003 ± 0.001	0.002 ± n.c.	0.003 ± 0.0003	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.013 ± 0.011	0.005 ± 0.002	0.014 ± 0.002	0.069 ± 0.006	0.103 ± 0.009	0.104 ± 0.008
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± 0.003	0.002 ± 0.002	0.002 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.003 ± 0.001
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.021 ± 0.01	0.010 ± n.c.	0.021 ± 0.02	0.018 ± 0.01	0.047 ± 0.02	0.050 ± 0.002

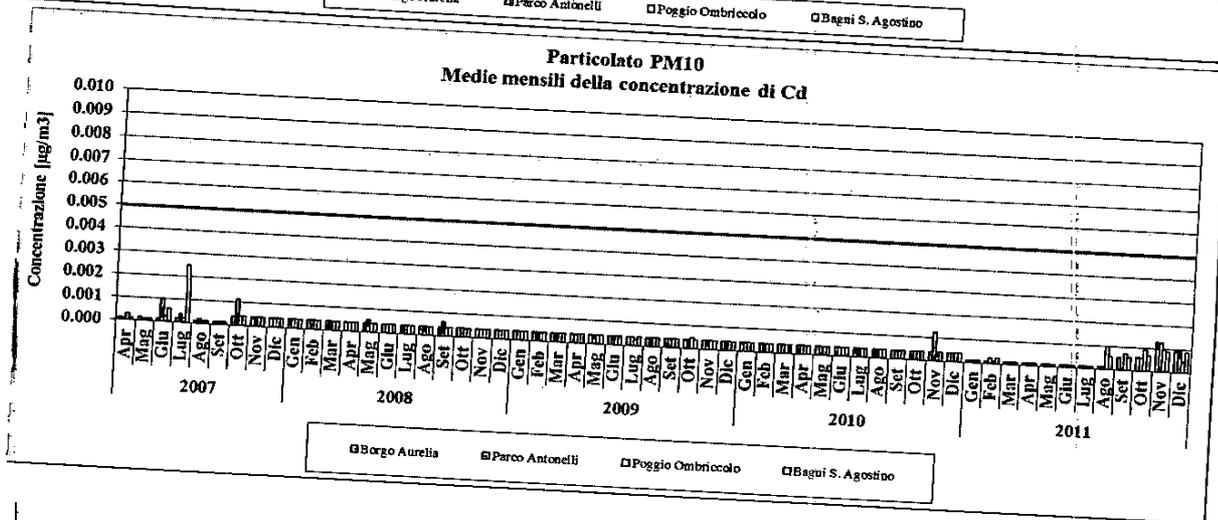
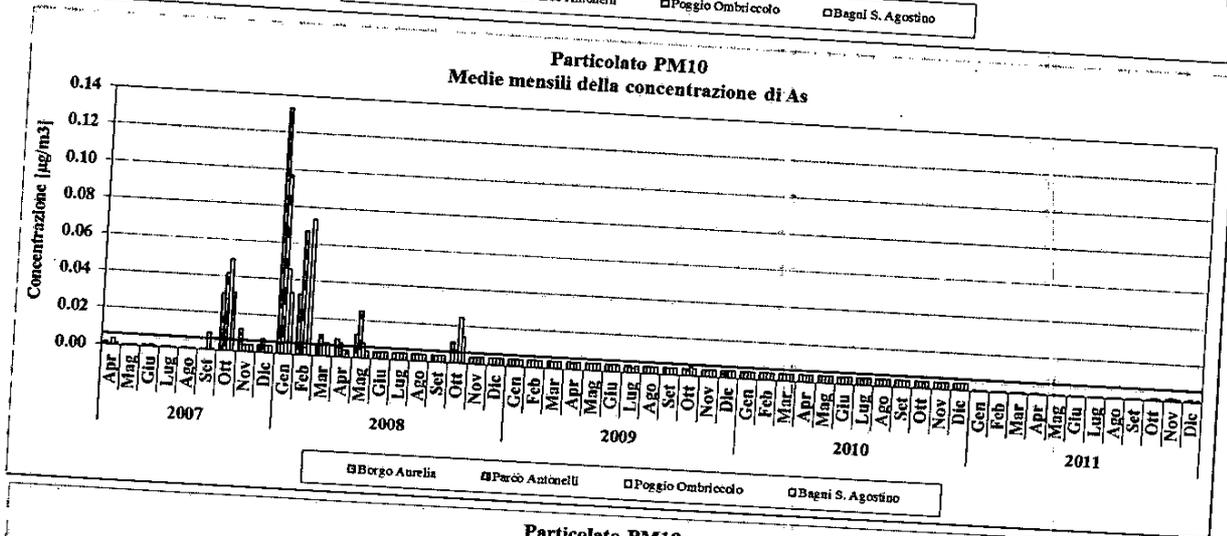
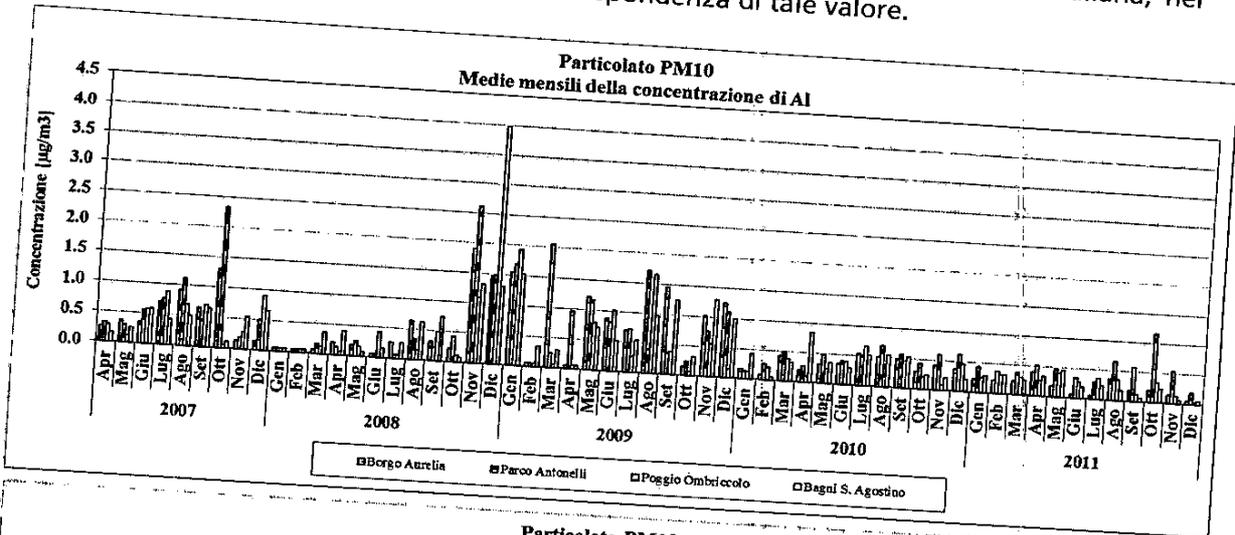
Postazione di Poggio Ombriccolo						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.36 ± 0.17	0.34 ± 0.34	0.12 ± 0.09	0.33 ± 0.07	0.12 ± 0.12	0.03 ± 0.04
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.001 ± 0.0001	0.0004 ± 0.0002	0.001 ± 0.00002	0.001 ± 0.0001	0.0005 ± 0.001
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0006 ± 0.0004	0.0002 ± n.c.	0.0010 ± 0.0004	0.0011 ± 0.00001	0.0005 ± 0.0008
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0010 ± 0.0002	0.0007 ± 0.00001	0.0009 ± 0.0002	0.0010 ± 0.00001	0.0005 ± 0.0007
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± 0.000005	0.0006 ± 0.0002	0.0003 ± 0.000001	0.0012 ± 0.0008	0.0016 ± 0.00002	0.0008 ± 0.0011
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.003 ± 0.002	0.009 ± 0.003	0.012 ± 0.017
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± n.c.	0.002 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.004 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.001 ± 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.	0.00003 ± 0.00004
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± n.c.	0.005 ± 0.002	0.003 ± 0.002	0.005 ± 0.001	0.003 ± 0.001	0.002 ± 0.002
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± 0.0003	0.003 ± 0.001	0.001 ± n.c.	0.003 ± 0.002	0.006 ± 0.002	0.005 ± 0.007
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.0004	0.002 ± 0.0002	0.001 ± 0.0006	0.004 ± 0.0002	0.004 ± 0.0012	0.002 ± 0.0022
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0007 ± 0.00003	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0001 ± 0.0001
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0017 ± 0.0004	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0017 ± 0.0013	0.0023 ± 0.00003	0.0011 ± 0.0016
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0012 ± 0.0009	0.0016 ± 0.00001	0.0008 ± 0.0011
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± 0.0002	0.001 ± 0.0002	0.0005 ± 0.0001	0.007 ± 0.010	0.001 ± 0.0001	0.001 ± 0.001
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.00001	0.001 ± 0.001
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.0003 ± n.c.	0.0005 ± 0.0003	0.0003 ± n.c.	0.0002 ± 0.0002
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± 0.0002	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.00002	0.005 ± 0.001
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.102 ± 0.002	0.05 ± 0.04	0.053 ± 0.014	0.025 ± 0.035	0.005 ± n.c.	0.003 ± 0.004
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004 ± 0.00005	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.001 ± 0.001	0.002 ± n.c.	0.001 ± 0.001
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.002	0.004 ± 0.002	0.002 ± 0.0001	0.003 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.001 ± 0.001
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.031 ± 0.03	0.023 ± 0.02	0.023 ± 0.02	0.039 ± 0.03	0.033 ± 0.01	0.005 ± 0.01

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

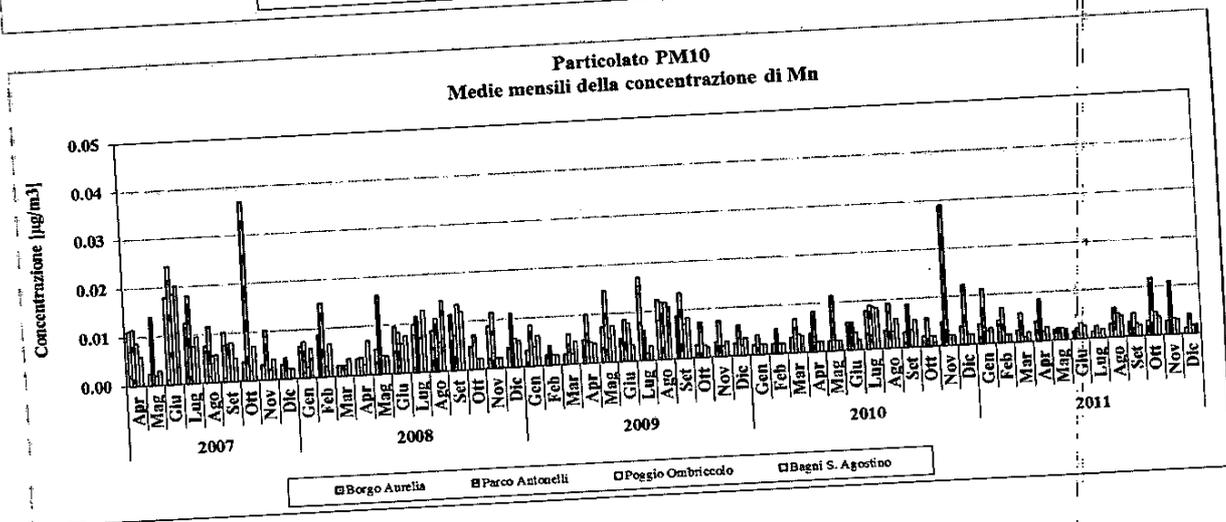
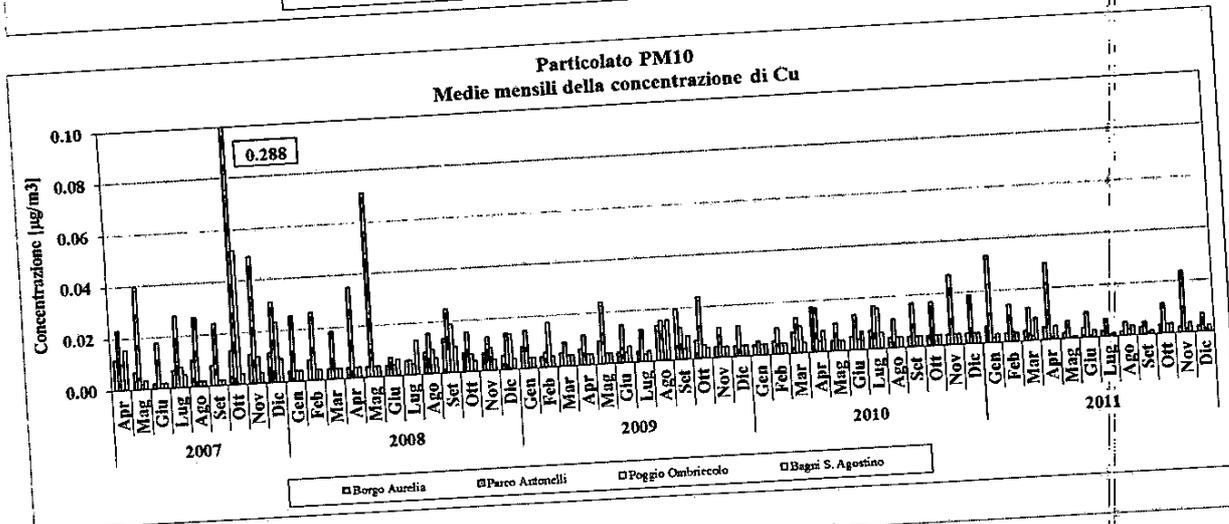
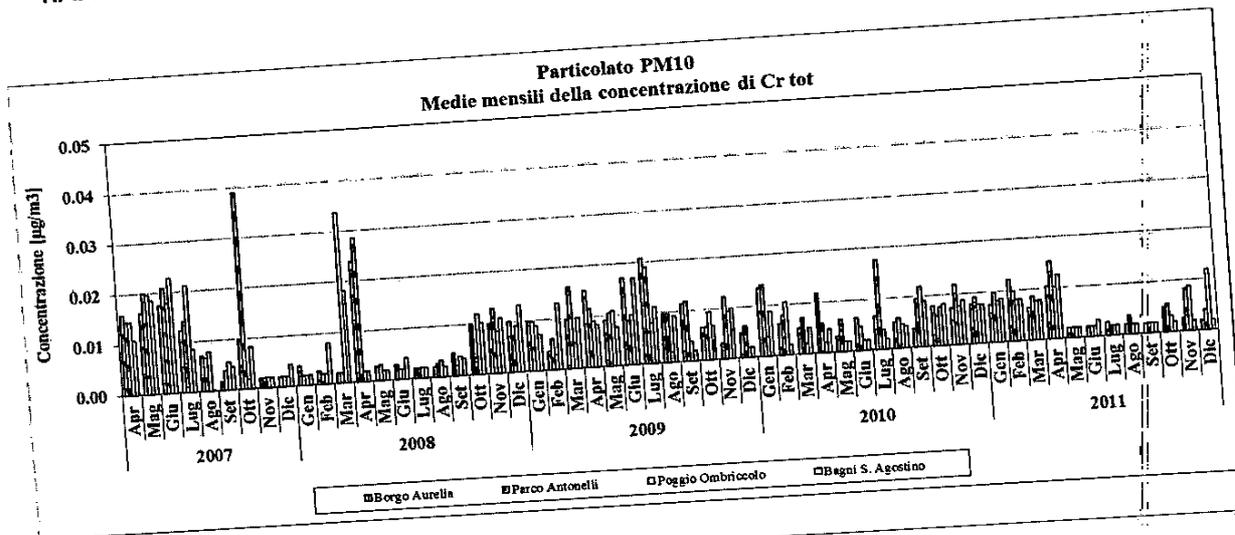
Postazione di Bagni S. Agostino I						
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.28 ± 0.33	0.32 ± 0.10	0.25 ± 0.04	0.33 ± 0.01	0.46 ± 0.25	0.20 ± 0.04
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0004 ± 0.0003	0.0002 ± n.c.	0.0003 ± 0.0003	0.0002 ± n.c.	0.0003 ± 0.0002
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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0002 ± 0.0002	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0004 ± 0.00003
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.009 ± 0.003	0.008 ± 0.001	0.008 ± 0.001	0.012 ± 0.001	0.002 ± n.c.	0.003 ± 0.002
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.001	0.003 ± 0.001	0.009 ± 0.001	0.005 ± 0.005	0.001 ± 0.001	0.003 ± 0.001
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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.003	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.003 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.003 ± 0.002
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.004 ± 0.007	0.003 ± 0.0003	0.033 ± 0.027
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.004 ± 0.001	0.005 ± 0.002	0.005 ± 0.003	0.003 ± 0.001	0.001 ± 0.0001	0.002 ± 0.0001
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0006 ± 0.00004
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0018 ± 0.0008
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± 0.0002	0.001 ± 0.001	0.006 ± 0.004	0.001 ± 0.001	0.0001 ± n.c.	0.002 ± 0.001
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.003 ± 0.001	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.003 ± 0.003
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0002 ± 0.0001
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.015 ± 0.014	0.005 ± n.c.	0.005 ± n.c.	0.034 ± 0.032	0.102 ± 0.010	0.093 ± 0.002
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0004 ± 0.0001
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.003 ± 0.004	0.002 ± 0.002	0.003 ± 0.001	0.01 ± 0.01	0.001 ± 0.001	0.005 ± 0.002
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.010 ± n.c.	0.023 ± 0.01	0.035 ± 0.0001	0.020 ± 0.02	0.023 ± 0.02	0.032 ± 0.004

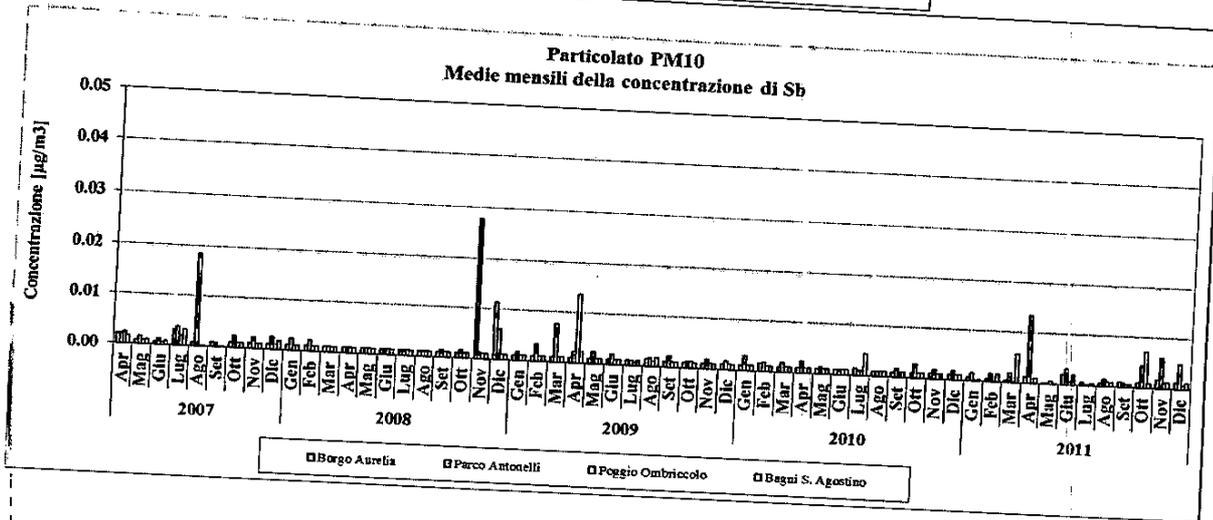
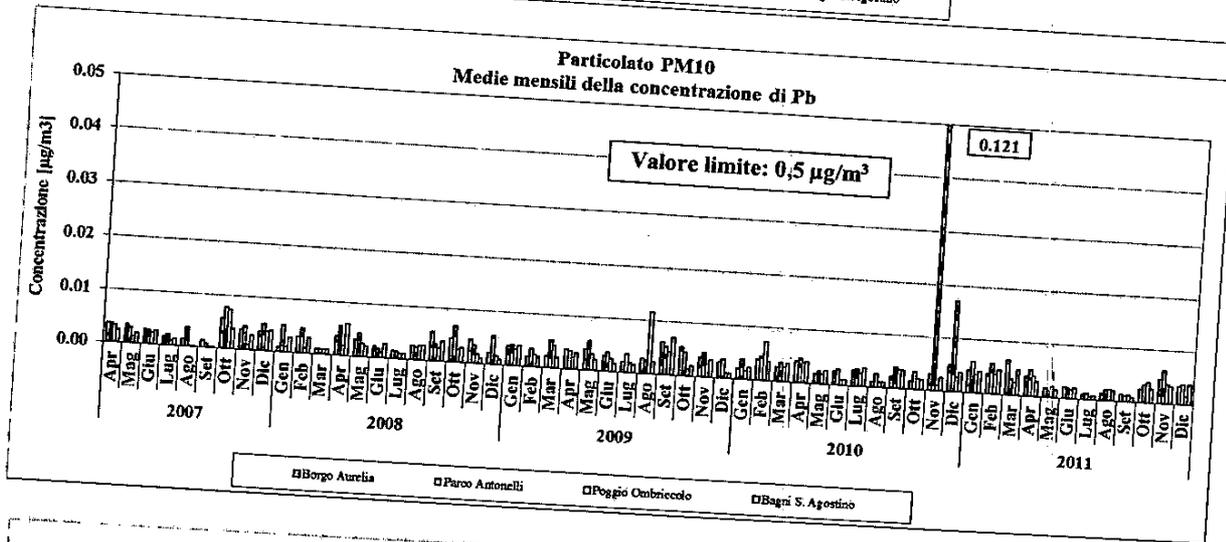
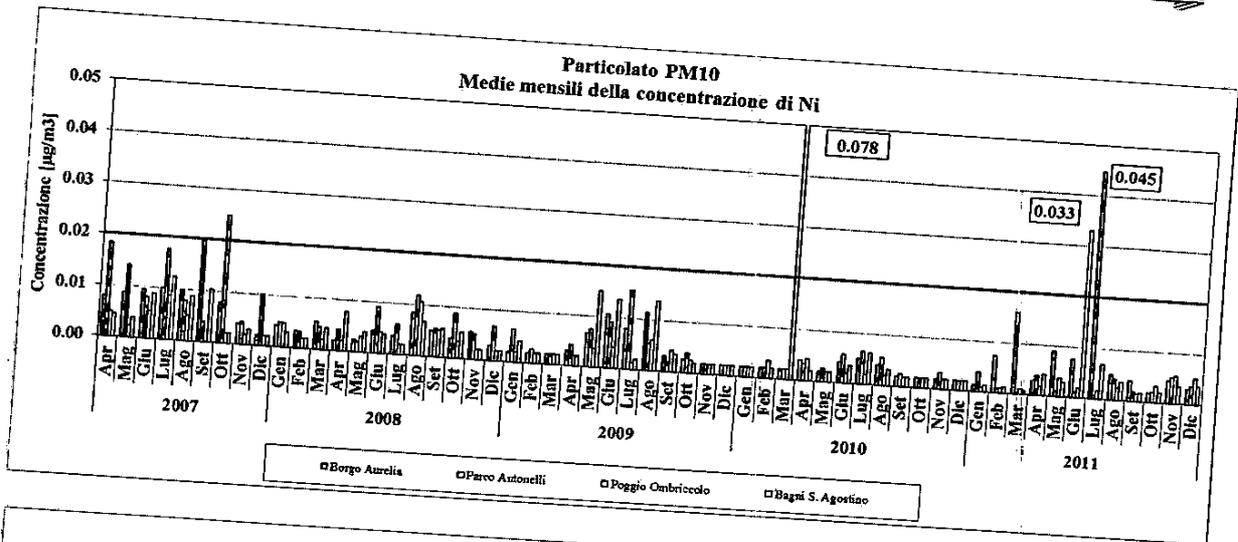
Postazione di Bagni S. Agostino II						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.22 ± 0.24	0.16 ± 0.20	0.05 ± n.c.	0.23 ± 0.08	0.05 ± n.c.	0.05 ± n.c.
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.001 ± 0.0001	0.001 ± 0.00003	0.001 ± 0.0003	0.001 ± 0.0001	0.001 ± 0.00005
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0004 ± 0.0003	0.0010 ± 0.00001	0.0010 ± 0.00002
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0006 ± 0.00001	0.0006 ± 0.00002	0.0007 ± 0.0002	0.0009 ± 0.00001	0.0009 ± 0.00001
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± 0.0001	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0002 ± 0.0002	0.0015 ± 0.00003	0.0015 ± 0.00004
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.	0.002 ± n.c.
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.004 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.004 ± 0.001	0.004 ± 0.001	0.003 ± 0.001
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.00003 ± 0.00003	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.002 ± 0.001	0.004 ± 0.002	0.002 ± 0.002	0.004 ± 0.003	0.003 ± 0.001	0.002 ± 0.001
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.007 ± 0.008	0.004 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.003 ± 0.0002	0.004 ± 0.0001
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.001 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.001 ± 0.0003	0.003 ± 0.001	0.003 ± 0.001	0.004 ± 0.001
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0006 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0014 ± 0.00002	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0002 ± n.c.	0.0022 ± 0.00004	0.0022 ± 0.00003
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0015 ± 0.00003	0.0015 ± 0.00002
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0004 ± 0.0001	0.001 ± 0.0002	0.0005 ± 0.0001	0.001 ± 0.0001	0.001 ± 0.0002	0.001 ± 0.0001
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.	0.001 ± 0.0001	0.001 ± 0.0001
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± n.c.	0.0004 ± 0.0003	0.002 ± 0.0003	0.001 ± 0.001	0.0003 ± n.c.	0.0003 ± n.c.
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0002 ± 0.0001	0.0001 ± n.c.	0.001 ± 0.00002	0.001 ± 0.00001
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.107 ± 0.008	0.076 ± 0.081	0.015 ± 0.014	0.005 ± n.c.	0.005 ± n.c.	0.005 ± n.c.
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.0003 ± 0.00002	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.0001 ± n.c.	0.002 ± 0.00001	0.002 ± 0.00001
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.01 ± 0.004	0.01 ± 0.002	0.004 ± 0.003	0.003 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.020 ± 0.01	0.010 ± n.c.	0.010 ± n.c.	0.025 ± 0.01	0.010 ± n.c.	0.010 ± n.c.

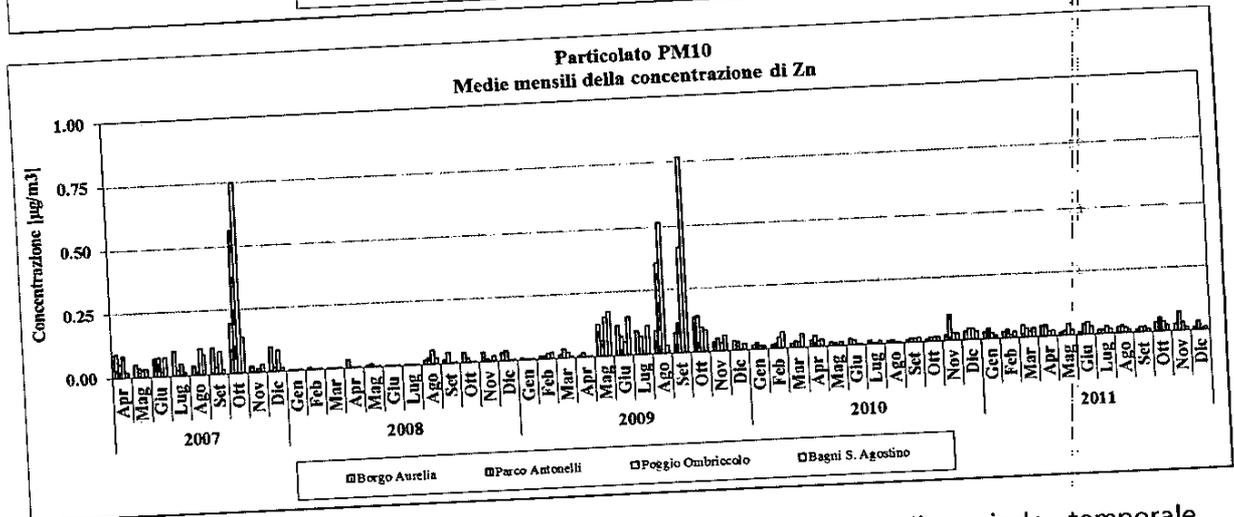
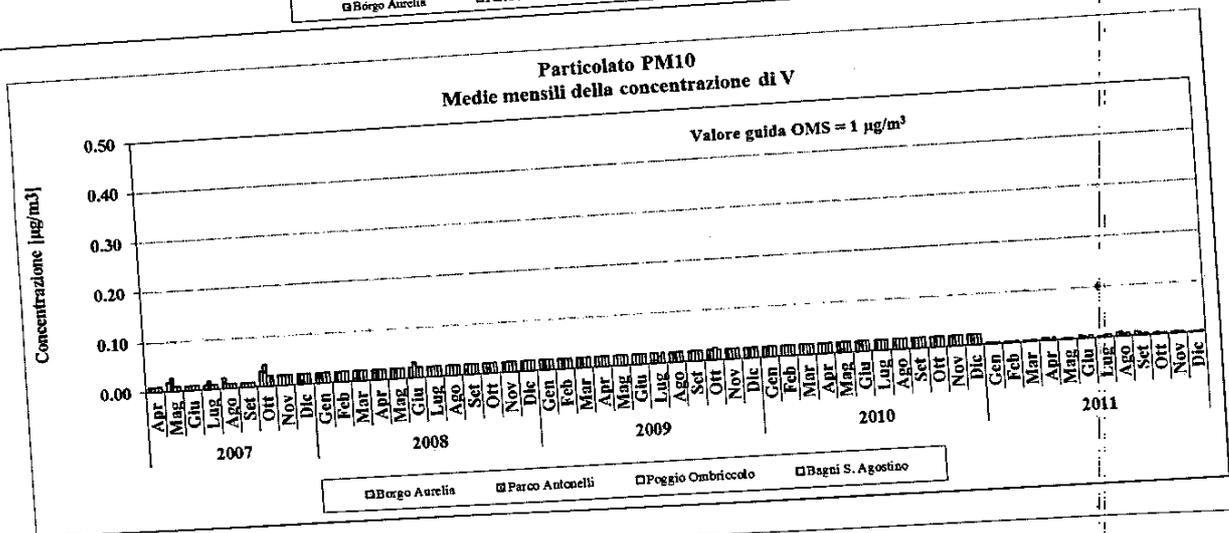
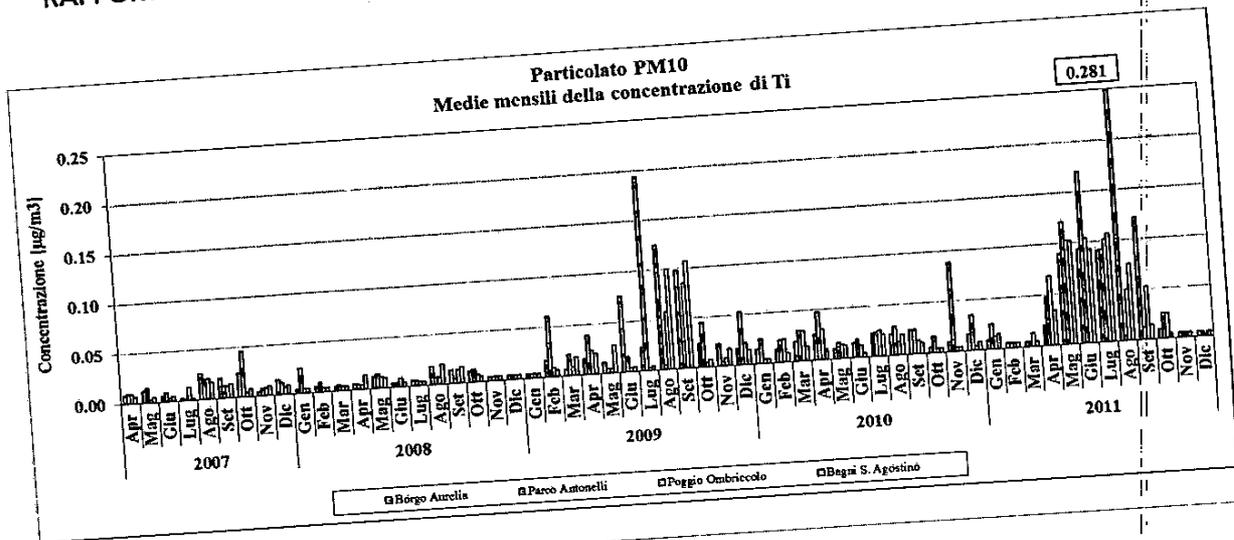
Nelle successive figure, le concentrazioni medie mensili del 2011 di alcuni dei metalli rilevati nel particolato PM10 sono confrontate con quelle riscontrate nel 2007 - 2010. Per i metalli per cui esiste un valore limite o un valore guida della normativa italiana, nel grafico è riportata una linea rossa in corrispondenza di tale valore.



## RAPPORTO







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

- la concentrazione di **Alluminio (Al)**, tipico elemento terrigeno, nel PM10 delle quattro postazioni, è simile a quella del 2010 e l'andamento temporale delle concentrazioni è variato entro un intervallo ristretto, risultando quasi uniforme durante tutto l'anno. La deposizione maggiore si è avuta nel mese di ottobre nella postazione di Parco Antonelli, per altro di entità confrontabile con le deposizioni di gennaio, maggio e dicembre '09 della stessa postazione. Come già evidenziato per i dati del 2007 - 2009, è probabile, quindi, che a presenza di Al nel PM10 vada associato alla componente terrigena piuttosto che ad emissioni industriali;
- nel 2011 il limite di rilevabilità (LdR) in aria dell' **Arsenico (As)** è stato migliorato portandolo da  $0.004 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Conseguentemente, dato che le concentrazioni di As nel PM10 sono risultate essere inferiori in tutte le postazioni al LdR, sono state anche di gran lunga inferiori al valore obiettivo di  $0.006 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del Dlgs 152/2007. Durante il periodo 2007-2008, si erano invece osservate notevoli variazioni e le forti differenze da un mese all'altro erano state associate a possibili apporti di polveri cristalline dai terreni circostanti la zona di Civitavecchia, i quali sono notoriamente molto ricchi di minerali naturali dell'Arsenico;
- ad eccezione del mese di febbraio, nei primi sette mesi del 2011 il **Cadmio (Cd)** non è stato mai rilevato a concentrazioni superiori al limite di rilevabilità in aria (migliorato da  $0.0004 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Negli ultimi mesi dell'anno, i valori di concentrazione medi mensili hanno subito un lieve aumento, pur restando sempre ben inferiori al valore limite di  $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e non si sono riscontrati andamenti particolari;
- l'andamento delle medie mensili del **Cromo (Cr)** nel 2011 richiama quelli degli anni precedenti, caratterizzati da una notevole variabilità. In particolare le concentrazioni di Cr da gennaio ad aprile sono risultate molto simili a quelle degli ultimi quattro mesi del 2010 mentre da maggio a settembre si sono avute medie più basse, simili ai valori riscontrati nel 2008;
- nel 2011 **Rame (Cu)** e **Antimonio (Sb)** hanno avuto un andamento simile tra loro a Parco Antonelli, dove la concentrazione di Cu, specie in inverno, è stata ancora spesso di entità maggiore rispetto a quella delle altre postazioni. In letteratura, la presenza contemporanea di Cu e Sb nel particolato fine urbano è stata associata all'usura degli apparati frenanti degli autoveicoli<sup>(5,6)</sup>. In linea più generale, il Cu sembra aver avuto un andamento ciclico, con minimi relativi in primavera-estate e massimi relativi in autunno-inverno;
- in assenza di sorgenti specifiche industriali, il **Piombo (Pb)** riscontrato in ambiente urbanizzato è attribuito al risollevarsi delle polveri stradali, che contengono ancora il Pb derivato dagli antidetonanti metallorganici usati nelle benzine<sup>(5,6)</sup>. La concentrazione di Pb del 2011 appare del tutto simile a quella degli anni precedenti con concentrazioni medie mensili omogenee tra postazioni diverse e sempre ben al di sotto del valore guida ( $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ );
- le concentrazioni medie mensili di **Manganese (Mn)**, a differenza con quanto osservato nel 2007-'10, hanno avuto un andamento ciclico con massimi relativi nel periodo invernale e con valori più bassi nei mesi estivi. La concentrazione massima relativa si è avuta quasi sempre a Parco Antonelli, come avvenuto nei precedenti anni di monitoraggio;
- 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

<sup>5</sup> Morawska L.; Zhang J, 2002. Chemosphere 49 (9), 1045-1058

<sup>6</sup> Birmili W., Allen A., Bary F., Harrison R. 2006. Environmental Science & Technology 14 (4), 1144-1153

(migliorato da  $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Per quanto riguarda il Ni, da febbraio a luglio a Borgo Aurelia si è avuta una più elevata concentrazione di questo metallo rispetto a quella delle altre postazioni. Inoltre, si sono riscontrati due episodi di elevate concentrazioni di Ni in aria in giugno a S. Agostino e in luglio ancora a Borgo Aurelia; tali episodi hanno elevato la relativa concentrazione media mensile (rispettivamente a  $0.033 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e a  $0.045 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Non essendo stato possibile appurare se questi due ultimi casi fossero un problema d'inquinamento accidentale del campione o di effettiva influenza di una sorgente locale, i dati sono stati mantenuti. Non considerando questi dati, si può comunque osservare un lieve innalzamento della concentrazione media mensile di Ni nelle postazioni più prossime alla costa tra giugno ed agosto, in coincidenza con la maggiore attività portuale turistica. Si avrebbe quindi una ulteriore conferma, già avanzata nei precedenti rapporti di sintesi, dell'ipotesi relativa ad una influenza delle emissioni dei motori diesel delle navi, il cui traffico aumenta appunto nei mesi estivi;

- la concentrazione media mensile di Titanio (Ti) ha descritto un ciclo di crescita dai minimi autunnali ai massimi relativi della primavera-estate. Dato che il Ti, come l'alluminio viene normalmente associato alle polveri di origine crostale, ciò potrebbe riflettere una possibile influenza della componente terrigena sul PM10, specie se messo in relazione con i massimi di polverosità riscontrati proprio in questo periodo nelle quattro postazioni (v. par. 3.1.1);
- l'andamento delle concentrazioni medie mensili dello Zinco (Zn) del 2011 risulta simile a quello del 2010;
- 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. Quando 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:

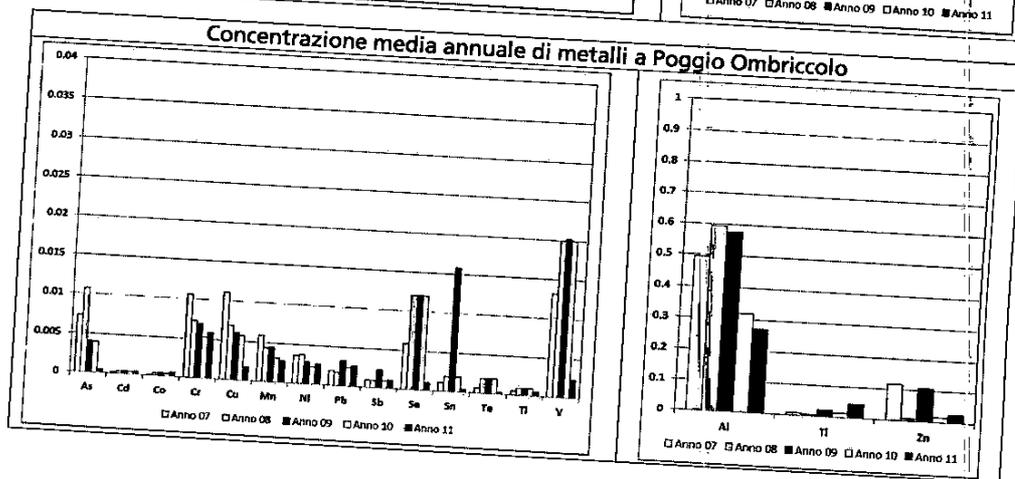
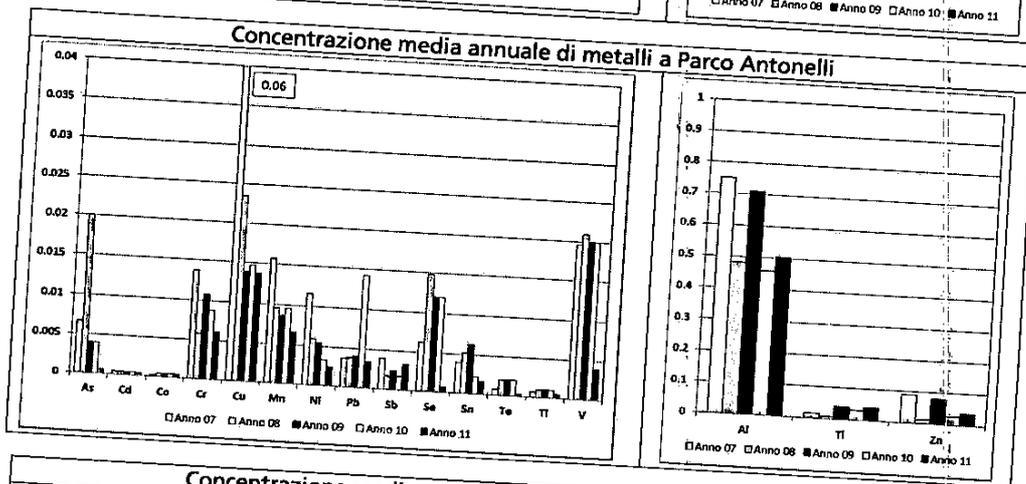
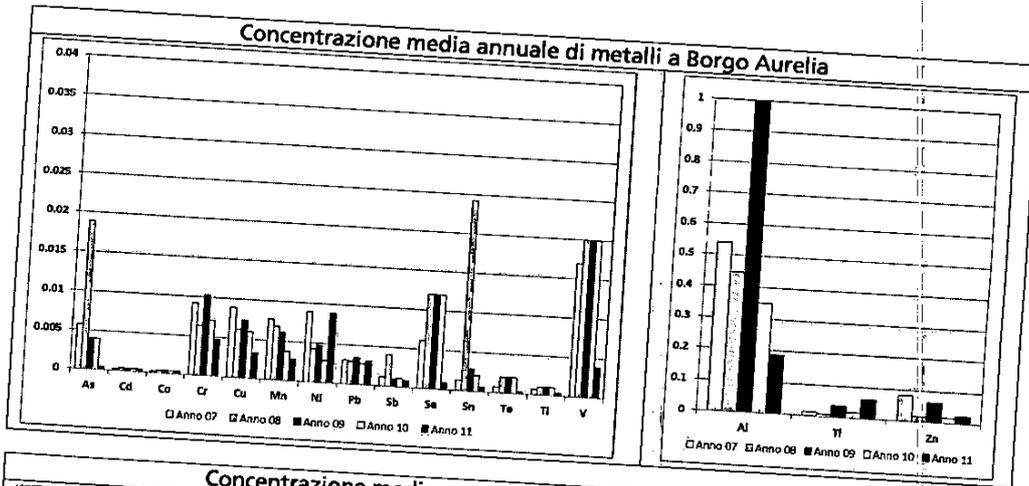
Borgo Aurelia										
Valori statistici 2011 per metalli										
	Media	Dev Stand	N <sub>tot</sub>	n <sub>LdR</sub>	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Al [µg/m <sup>3</sup> ]	0.19	0.17	61	33	54	0.12	0.05	0.28	0.05	0.70
As [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0005	n.c.	61	25	41	0.0002	0.0002	0.001	0.0002	0.003
Be [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	61	10	16	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0031
Cd [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	61	21	34	0.0001	0.0001	0.001	0.0001	0.003
Co [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	61	18	30	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001	0.004
Cr [µg/m <sup>3</sup> ]	0.005	n.c.	61	23	38	0.002	0.002	0.007	0.002	0.019
Cu [µg/m <sup>3</sup> ]	0.003	0.003	61	49	80	0.003	0.001	0.004	0.001	0.012
Hg [µg/m <sup>3</sup> ]	0.00005	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Mn [µg/m <sup>3</sup> ]	0.003	0.002	61	34	56	0.003	0.001	0.004	0.001	0.009
Ni [µg/m <sup>3</sup> ]	0.009	0.020	61	57	93	0.003	0.001	0.006	0.0003	0.119
Pb [µg/m <sup>3</sup> ]	0.003	0.003	61	59	97	0.002	0.001	0.004	0.0002	0.024
Pd [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0002	n.c.	61	5	8	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0006
Pt [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0007	n.c.	61	15	25	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.01
Rh [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	61	10	16	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.004
Sb [µg/m <sup>3</sup> ]	0.001	0.001	61	42	69	0.001	0.001	0.001	0.0001	0.008
Se [µg/m <sup>3</sup> ]	0.001	n.c.	61	23	38	0.0003	0.0003	0.001	0.0003	0.004
Sn [µg/m <sup>3</sup> ]	0.001	n.c.	61	9	15	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.004
Te [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0003	n.c.	61	11	18	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.003
Ti [µg/m <sup>3</sup> ]	0.061	0.086	61	32	52	0.018	0.005	0.088	0.005	0.386
Tl [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0005	n.c.	61	15	25	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.01
V [µg/m <sup>3</sup> ]	0.004	0.004	61	57	93	0.003	0.001	0.004	0.0002	0.01
Zn [µg/m <sup>3</sup> ]	0.024	n.c.	61	25	41	0.010	0.010	0.034	0.010	0.179

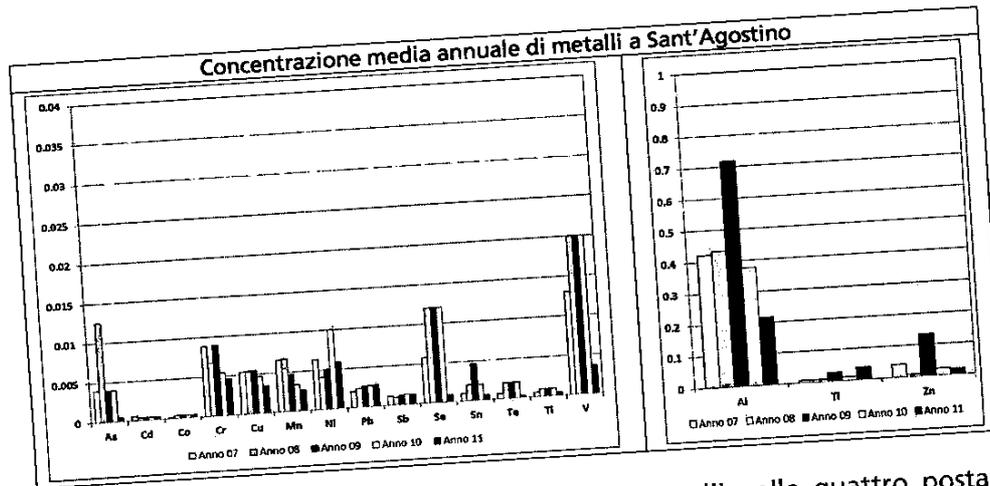
Parco Antonelli										
Valori statistici 2011 per metalli										
	Media	Dev Stand	N <sub>tot</sub>	n <sub>LdR</sub>	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Al [µg/m <sup>3</sup> ]	0.50	0.43	61	56	92	0.39	0.24	0.60	0.05	2.01
As [µg/m <sup>3</sup> ]	0.001	0.001	61	33	54	0.001	0.0002	0.001	0.0002	0.003
Be [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	61	10	16	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0025
Cd [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0003	n.c.	61	17	28	0.0001	0.0001	0.001	0.0001	0.002
Co [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0005	n.c.	61	25	41	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001	0.004
Cr [µg/m <sup>3</sup> ]	0.006	0.005	61	34	56	0.006	0.002	0.008	0.002	0.034
Cu [µg/m <sup>3</sup> ]	0.014	0.016	61	60	98	0.008	0.006	0.014	0.001	0.089
Hg [µg/m <sup>3</sup> ]	0.00005	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Mn [µg/m <sup>3</sup> ]	0.007	0.005	61	53	87	0.005	0.003	0.009	0.001	0.032
Ni [µg/m <sup>3</sup> ]	0.002	0.002	61	46	75	0.002	0.001	0.003	0.0003	0.011
Pb [µg/m <sup>3</sup> ]	0.003	0.002	61	58	95	0.003	0.001	0.005	0.0002	0.012
Pd [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0003	n.c.	61	11	18	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0007
Pt [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0008	n.c.	61	21	34	0.0002	0.0002	0.0013	0.0002	0.0052
Rh [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	61	10	16	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.003
Sb [µg/m <sup>3</sup> ]	0.003	0.008	61	46	75	0.001	0.0003	0.002	0.0001	0.052
Se [µg/m <sup>3</sup> ]	0.001	n.c.	61	19	31	0.000	0.0003	0.001	0.0003	0.004
Sn [µg/m <sup>3</sup> ]	0.002	0.002	61	38	62	0.001	0.0003	0.002	0.0003	0.014
Te [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0003	n.c.	61	13	21	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.002
Ti [µg/m <sup>3</sup> ]	0.043	n.c.	61	26	43	0.005	0.005	0.092	0.005	0.257
Tl [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0005	n.c.	61	21	34	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.004
V [µg/m <sup>3</sup> ]	0.004	0.003	61	59	97	0.003	0.002	0.01	0.0002	0.01
Zn [µg/m <sup>3</sup> ]	0.037	0.02	61	46	75	0.039	0.026	0.048	0.010	0.170

Poggio Ombriccolo										
Valori statistici 2011 per metalli										
	Media	Dev Stand	N <sub>tot</sub>	n <sub>LdR</sub>	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Al [µg/m <sup>3</sup> ]	0.27	0.17	29	24	83	0.25	0.18	0.37	0.05	0.72
As [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0005	n.c.	29	12	41	0.0002	0.0002	0.001	0.0002	0.001
Be [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	29	9	31	0.0002	0.0002	0.0008	0.0002	0.0012
Cd [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	29	12	41	0.0001	0.0001	0.001	0.0001	0.001
Co [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0005	0.001	29	19	66	0.0003	0.0001	0.001	0.0001	0.002
Cr [µg/m <sup>3</sup> ]	0.006	0.005	29	15	52	0.006	0.002	0.008	0.002	0.024
Cu [µg/m <sup>3</sup> ]	0.002	0.002	29	19	66	0.001	0.001	0.002	0.001	0.009
Hg [µg/m <sup>3</sup> ]	0.00005	n.c.	29	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Mn [µg/m <sup>3</sup> ]	0.003	0.002	29	17	59	0.003	0.001	0.004	0.001	0.007
Ni [µg/m <sup>3</sup> ]	0.003	0.002	29	27	93	0.002	0.001	0.004	0.0003	0.010
Pb [µg/m <sup>3</sup> ]	0.003	0.002	29	28	97	0.002	0.002	0.004	0.0002	0.008
Pd [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0003	n.c.	29	7	24	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0007
Pt [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0010	n.c.	29	13	45	0.0002	0.0002	0.001	0.0002	0.003
Rh [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	29	6	21	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.002
Sb [µg/m <sup>3</sup> ]	0.001	0.003	29	18	62	0.0004	0.0001	0.001	0.000	0.019
Se [µg/m <sup>3</sup> ]	0.001	n.c.	29	14	48	0.0003	0.0003	0.001	0.0003	0.003
Sn [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	29	3	10	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Te [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0003	n.c.	29	7	24	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.001
Ti [µg/m <sup>3</sup> ]	0.046	0.041	29	18	62	0.043	0.005	0.077	0.005	0.110
Tl [µg/m <sup>3</sup> ]	0.001	n.c.	29	13	45	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001	0.002
V [µg/m <sup>3</sup> ]	0.002	0.001	29	28	97	0.002	0.001	0.003	0.0002	0.01
Zn [µg/m <sup>3</sup> ]	0.028	0.02	29	16	55	0.031	0.010	0.042	0.010	0.074

Bagni S. Agostino										
Valori statistici 2011 per metalli										
	Media	Dev Stand	N <sub>tot</sub>	n <sub>LdR</sub>	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Al [µg/m <sup>3</sup> ]	0.22	0.16	30	19	63	0.21	0.05	0.33	0.05	0.64
As [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0005	0.0003	30	16	53	0.0005	0.0002	0.001	0.0002	0.001
Be [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	30	6	20	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.001
Cd [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	30	14	47	0.0001	0.0001	0.001	0.0001	0.001
Co [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	30	11	37	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001	0.002
Cr [µg/m <sup>3</sup> ]	0.005	n.c.	30	11	37	0.002	0.002	0.007	0.002	0.013
Cu [µg/m <sup>3</sup> ]	0.003	0.002	30	26	87	0.003	0.002	0.004	0.001	0.010
Hg [µg/m <sup>3</sup> ]	0.00005	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Mn [µg/m <sup>3</sup> ]	0.003	0.002	30	19	63	0.003	0.001	0.003	0.001	0.007
Ni [µg/m <sup>3</sup> ]	0.006	0.012	30	25	83	0.003	0.001	0.004	0.0003	0.064
Pb [µg/m <sup>3</sup> ]	0.003	0.002	30	29	97	0.003	0.002	0.004	0.0002	0.007
Pd [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0003	n.c.	30	5	17	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0007
Pt [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0008	n.c.	30	10	33	0.0002	0.0002	0.0014	0.0002	0.0027
Rh [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0003	n.c.	30	5	17	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.002
Sb [µg/m <sup>3</sup> ]	0.001	0.002	30	24	80	0.001	0.000	0.001	0.0001	0.009
Se [µg/m <sup>3</sup> ]	0.001	n.c.	30	14	47	0.0003	0.0003	0.001	0.0003	0.003
Sn [µg/m <sup>3</sup> ]	0.001	n.c.	30	7	23	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.006
Te [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0003	n.c.	30	8	27	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.001
Ti [µg/m <sup>3</sup> ]	0.038	0.047	30	15	50	0.010	0.005	0.085	0.005	0.170
Tl [µg/m <sup>3</sup> ]	0.0004	n.c.	30	10	33	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001	0.002
V [µg/m <sup>3</sup> ]	0.004	0.003	30	28	93	0.003	0.001	0.01	0.0002	0.01
Zn [µg/m <sup>3</sup> ]	0.019	n.c.	30	12	40	0.010	0.010	0.032	0.010	0.041

La concentrazione media annuale dei metalli di ogni postazione per l'intero periodo 2007-2011 è confrontata nelle figure che seguono. Non sono stati rappresentati alcuni metalli che nel PM10 di Civitavecchia appaiono di secondaria importanza, in quanto quasi sempre con concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità in aria, come ad esempio Be, Hg, Pd, Pt e Rh. A parte è stato riportato l'andamento dei metalli con più elevata concentrazione relativa: Al, Ti e Zn.





Dai grafici precedenti, le concentrazioni medie dei metalli nelle quattro postazioni, a fronte pur di un lieve aumento della PM10 medio annuale nel 2011, sono risultate nella maggior parte dei casi inferiori a quelle dell'anno precedente o per lo meno molto simili. Per la maggior parte dei metalli, la tendenza del periodo 2008-2011 è addirittura quella di una diminuzione progressiva delle loro concentrazioni medie annuali in aria, compresa quella dei metalli aventi un valore limite od obiettivo (As, Cd, Ni, Pb: v. più avanti nel testo). Vi sono un limitato numero di eccezioni, che sembrano di natura locale, rappresentate ad esempio dall'aumento della concentrazione di Ni a Borgo Aurelia e di quella del Sb a Parco Antonelli rispetto al triennio 2008-10. Tali andamenti dovranno quindi essere valutati nei successivi monitoraggi. E' invece abbastanza assodato un progressivo aumento della concentrazione del Ti in tutte le postazioni, così come quella del Ni a S. Agostino. Per quest'ultimo metallo, è possibile che una o più sorgenti locali influenzino la sua concentrazione nel particolato PM10. Per il Ti, pur non essendo possibile escludere a priori sorgenti antropogeniche, sembrerebbe più probabile un maggior peso della componente terrigena del PM10 (il Ti è il metallo più abbondante dopo O, Si, Al, Fe, Ca, Mg e K), considerato anche l'andamento temporale della sua concentrazione che nel 2011 è stata simile a quella del PM10. Lo stesso andamento temporale non è però visibile per l'Al, il terzo elemento per abbondanza nella crosta terrestre, per cui ciò resta un andamento da approfondire nel proseguimento delle attività.

Infine, nella tabella che segue, sono raggruppati i valori medi annuali per il 2011 dei metalli che hanno un valore limite, obiettivo (DM 60 del 02/04/2002 e Dlgs n.155 del 13/08/2010) 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-'10. Come si può notare, anche nel 2011 nessun metallo ha superato 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	Media anno 2010	Media anno 2011
As - Arsenico nel PM10	Anno civile	Dlgs n.152 del 03/08/2007	ng/m <sup>3</sup>	6	6	17	4	4	1
Cd - Cadmio nel PM10	Anno	Dlgs n.152 del 03/08/2007	ng/m <sup>3</sup>	5	0.4	0.4	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	4	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	0.006	0.003
Mn - Manganese	Anno	WHO, Air quality guidelines, 2000	µg/m <sup>3</sup>	0.15	0.01	0.01	0.01	0.01	0.004
Hg - Mercurio	Anno	WHO, Air quality guidelines, 2000	µg/m <sup>3</sup>	1	0.00005	0.00005	0.00006	0.00005	0.00005
Pt - Platino	--	WHO, Air quality guidelines, 2000	µg/m <sup>3</sup>	(*)	0.0008	0.0004	0.0004	0.0004	0.0008
V - Vanadio	24 ore	WHO, Air quality guidelines, 2000	µg/m <sup>3</sup>	1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.004
Cr VI - Cromo esavalente	-	WHO, Air quality guidelines, 2000	-	$4 \times 10^2$ (**)	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.

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

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
SO4- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.47 ± 0.52	2.95 ± 1.61	3.61 ± 2.24	6.37 ± 2.49	2.91 ± 1.86	3.01 ± 2.10
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.91 ± 1.34	1.68 ± 1.06	1.51 ± 0.51	1.30 ± 0.96	1.20 ± 1.46	1.86 ± 1.65
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.35 ± 0.36	0.46 ± 0.49	1.14 ± 2.17	0.08 ± 0.07	0.37 ± 0.21	0.44 ± 0.32
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.24 ± 0.17	0.18 ± 0.12	0.22 ± 0.11	0.29 ± 0.13	0.99 ± 1.63	1.33 ± 1.25
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.50 ± 0.43	0.47 ± 0.33	0.99 ± 1.50	0.31 ± 0.31	0.12 ± 0.20	0.16 ± 0.16
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.04 ± 0.07	0.04 ± 0.04	0.09 ± 0.18	0.03 ± 0.04	0.09 ± 0.08	0.12 ± 0.07
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.17 ± 0.11	0.16 ± 0.12	0.16 ± 0.03	0.11 ± 0.10	0.82 ± 0.62	0.78 ± 0.56
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.70 ± 0.44	1.03 ± 0.64	1.07 ± 0.78	1.84 ± 1.15		

	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
SO4- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	3.34 ± 1.16	5.97 ± 0.91	4.18 ± 1.95	2.89 ± 0.92	2.91 ± 1.75	1.35 ± 0.56
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.57 ± 1.03	1.15 ± 0.44	1.90 ± 1.12	1.35 ± 0.35	1.23 ± 0.95	2.17 ± 1.42
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.39 ± 2.84	0.01 ± 0.004	0.95 ± 1.55	0.98 ± 1.55	0.31 ± 0.50	2.53 ± 2.74
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.46 ± 0.17	0.59 ± 0.34	0.41 ± 0.19	0.49 ± 0.23	0.35 ± 0.14	0.23 ± 0.07
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.54 ± 2.03	0.76 ± 0.38	1.30 ± 0.75	1.20 ± 1.04	0.20 ± 0.22	1.39 ± 1.36
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.32 ± 0.23	0.07 ± 0.05	0.15 ± 0.09	0.11 ± 0.14	0.04 ± 0.05	0.21 ± 0.18
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.17 ± 0.05	0.11 ± 0.12	0.07 ± 0.09	0.12 ± 0.06	0.10 ± 0.09	0.14 ± 0.03
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.73 ± 0.41	1.41 ± 0.23	0.93 ± 0.58	0.73 ± 0.21	0.78 ± 0.47	0.34 ± 0.52

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

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
SO4- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.87 ± 0.94	3.18 ± 1.76	3.51 ± 1.94	5.69 ± 2.85	3.13 ± 1.66	5.38 ± 4.44
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.59 ± 1.93	2.82 ± 2.31	1.85 ± 0.72	1.81 ± 1.04	1.30 ± 1.59	2.47 ± 1.77
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.49 ± 0.58	0.77 ± 0.60	1.88 ± 3.61	0.20 ± 0.06	1.58 ± 2.99	2.45 ± 3.70
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.03 ± 0.60	0.86 ± 0.65	0.85 ± 0.38	0.77 ± 0.47	0.75 ± 0.29	0.78 ± 0.25
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.52 ± 0.50	0.64 ± 0.48	1.34 ± 2.00	0.41 ± 0.38	1.36 ± 1.93	1.20 ± 0.92
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.06 ± 0.08	0.08 ± 0.05	0.14 ± 0.24	0.03 ± 0.05	0.15 ± 0.24	0.10 ± 0.14
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.22 ± 0.14	0.17 ± 0.12	0.16 ± 0.06	0.13 ± 0.08	0.12 ± 0.07	0.12 ± 0.07
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.53 ± 0.43	0.84 ± 0.63	0.76 ± 0.71	1.69 ± 1.30	0.82 ± 0.52	0.84 ± 0.38

	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
SO4- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	3.42 ± 3.79	4.52 ± 2.68	4.24 ± 1.92	3.33 ± 1.02	3.01 ± 2.21	1.20 ± 0.65
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.07 ± 1.93	1.12 ± 0.68	2.19 ± 1.05	1.98 ± 0.65	2.08 ± 2.23	2.05 ± 1.58
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.09 ± 3.70	0.14 ± 0.16	1.38 ± 2.22	1.83 ± 2.22	0.48 ± 0.82	3.01 ± 2.48
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.69 ± 0.72	0.75 ± 0.48	1.04 ± 0.47	2.03 ± 0.77	1.43 ± 1.01	0.89 ± 0.40
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.33 ± 2.92	0.76 ± 0.53	1.52 ± 0.92	1.70 ± 1.45	0.40 ± 0.41	1.87 ± 1.57
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.30 ± 0.35	0.09 ± 0.08	0.17 ± 0.11	0.21 ± 0.18	0.07 ± 0.08	0.27 ± 0.23
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.16 ± 0.16	0.11 ± 0.07	0.12 ± 0.07	0.19 ± 0.05	0.20 ± 0.19	0.20 ± 0.05
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.77 ± 1.02	1.16 ± 0.66	0.88 ± 0.52	0.63 ± 0.20	0.66 ± 0.63	0.26 ± 0.47

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

Postazione di Poggio Ombriccolo - 2011						
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
SO4- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.70 ± 0.36	1.84 ± 1.74	4.64 ± 2.67	2.49 ± n.c.	4.58 ± 0.97	1.26 ± 2.18
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.06 ± 0.83	0.90 ± 0.79	1.37 ± 0.14	0.81 ± n.c.	0.25 ± 0.27	0.36 ± 0.62
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.13 ± 0.00	0.26 ± 0.35	0.07 ± 0.09	0.11 ± n.c.	0.06 ± 0.07	0.00 ± 0.01
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.15 ± 0.08	0.08 ± 0.07	0.20 ± 0.07	0.25 ± n.c.	0.46 ± 0.0003	0.21 ± 0.36
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.27 ± 0.07	0.29 ± 0.34	0.38 ± 0.08	0.09 ± n.c.	0.13 ± 0.03	0.21 ± 0.37
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.01 ± 0.0002	0.01 ± 0.006	0.01 ± 0.0005	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.0001	0.004 ± 0.006
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.07 ± 0.09	0.03 ± 0.05	0.08 ± 0.10	0.01 ± n.c.	0.14 ± 0.02	0.04 ± 0.07
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.43 ± 0.03	0.49 ± 0.56	1.40 ± 0.78	0.82 ± n.c.	1.48 ± 0.14	0.32 ± 0.56

Postazione di Poggio Ombriccolo - 2011						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
SO4- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	3.34 ± 2.49	1.37 ± 2.37	1.69 ± 0.78	1.77 ± 1.53	1.79 ± 1.58	0.43 ± 0.61
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.48 ± 1.04	0.32 ± 0.55	1.25 ± 1.23	0.72 ± 0.63	1.15 ± 1.49	0.69 ± 0.97
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.54 ± 2.16	0.004 ± 0.01	0.99 ± 1.01	0.04 ± 0.06	0.01 ± 0.01	0.87 ± 1.22
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.34 ± 0.09	0.09 ± 0.16	0.19 ± 0.05	0.37 ± 0.36	0.11 ± 0.18	0.08 ± 0.11
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.69 ± 1.63	0.14 ± 0.25	1.28 ± 0.74	0.32 ± 0.32	0.01 ± 0.01	0.50 ± 0.71
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.17 ± 0.23	0.004 ± 0.006	0.10 ± 0.13	0.01 ± 0.006	0.01 ± 0.006	0.08 ± 0.12
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.14 ± 0.005	0.00 ± 0.01	0.01 ± 0.0001	0.08 ± 0.07	0.05 ± 0.09	0.06 ± 0.09
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.80 ± 0.67	0.37 ± 0.63	0.34 ± 0.18	0.63 ± 0.55	0.33 ± 0.49	0.08 ± 0.11

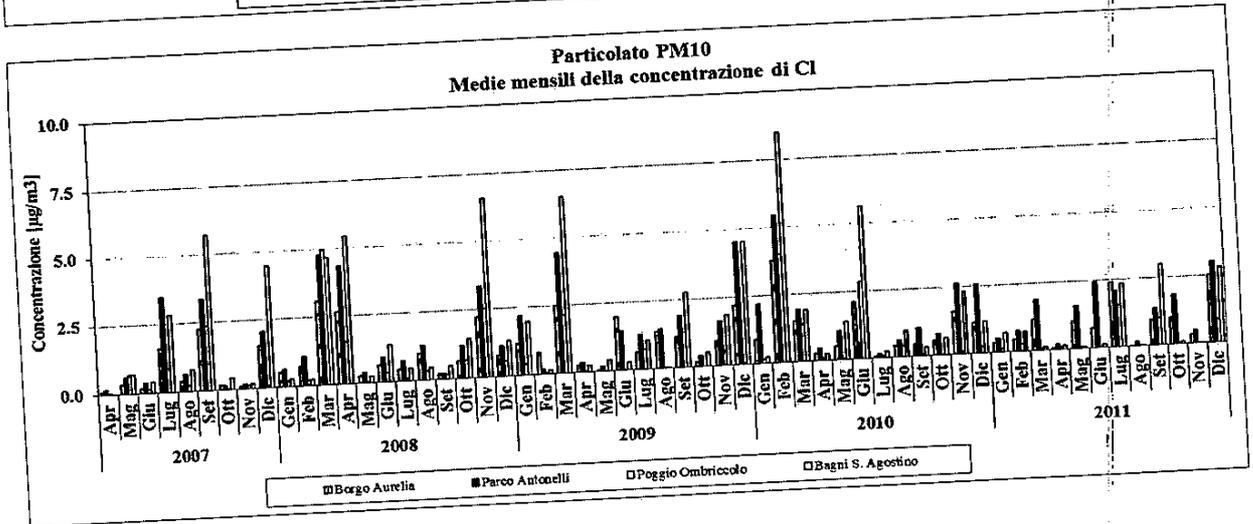
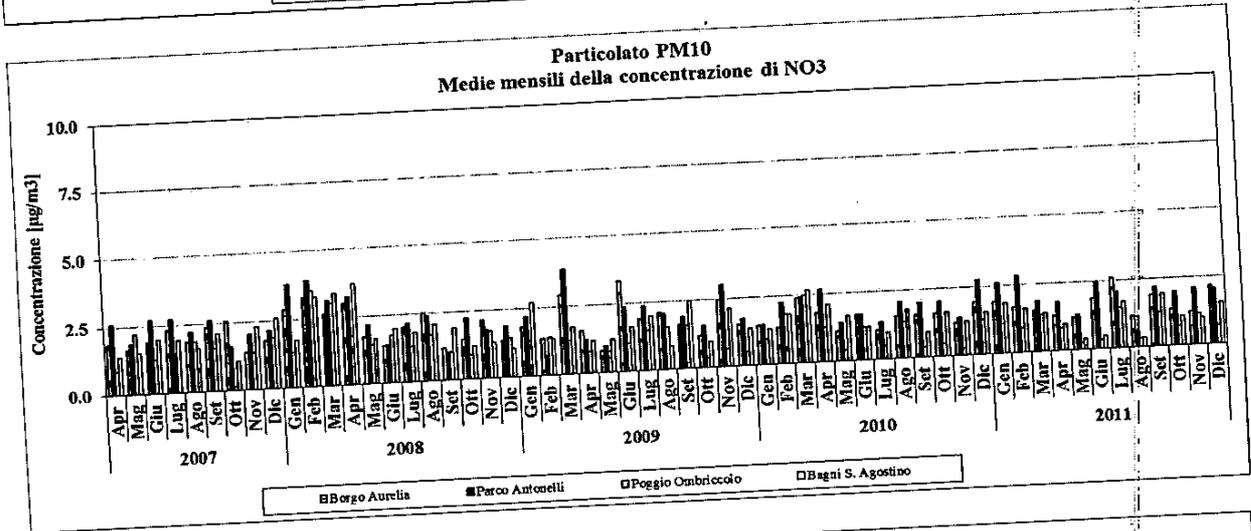
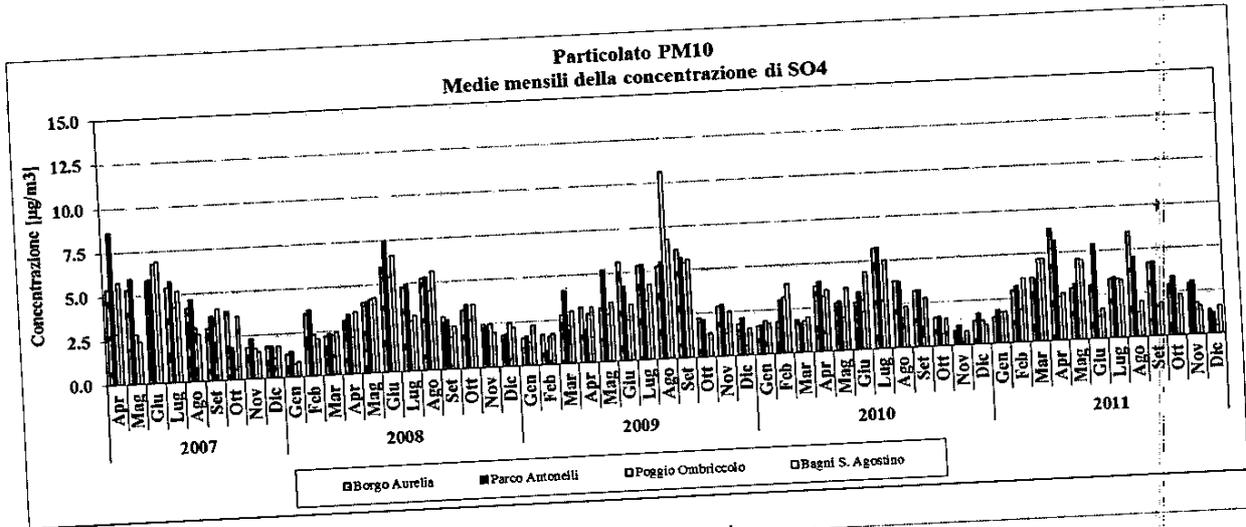
Le concentrazioni medie mensili di specie ioniche nel particolato PM10 della postazione di Bagni S. Agostino sono inserite nelle tabelle sottostanti:

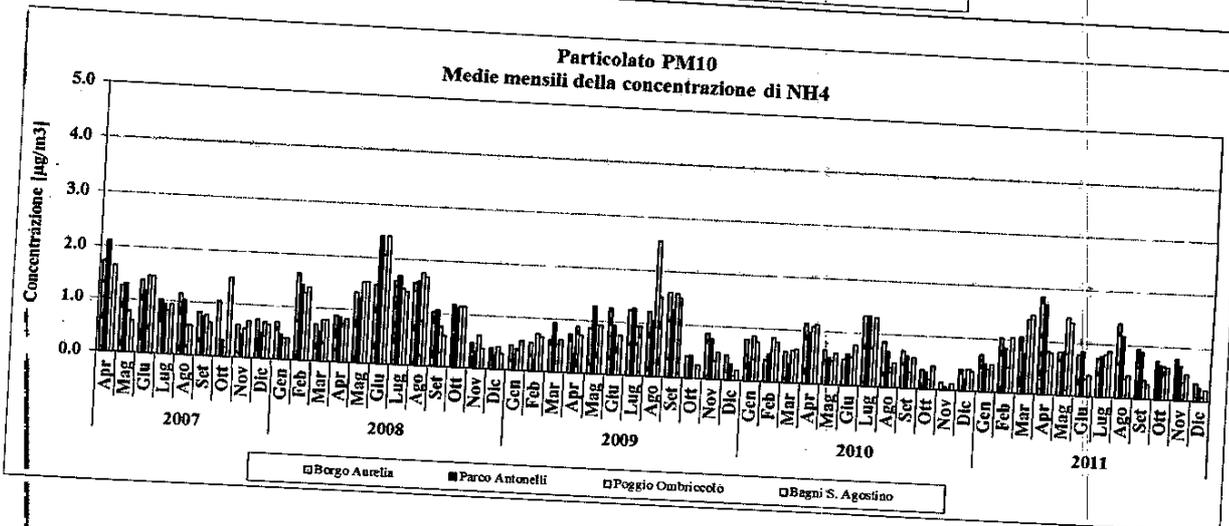
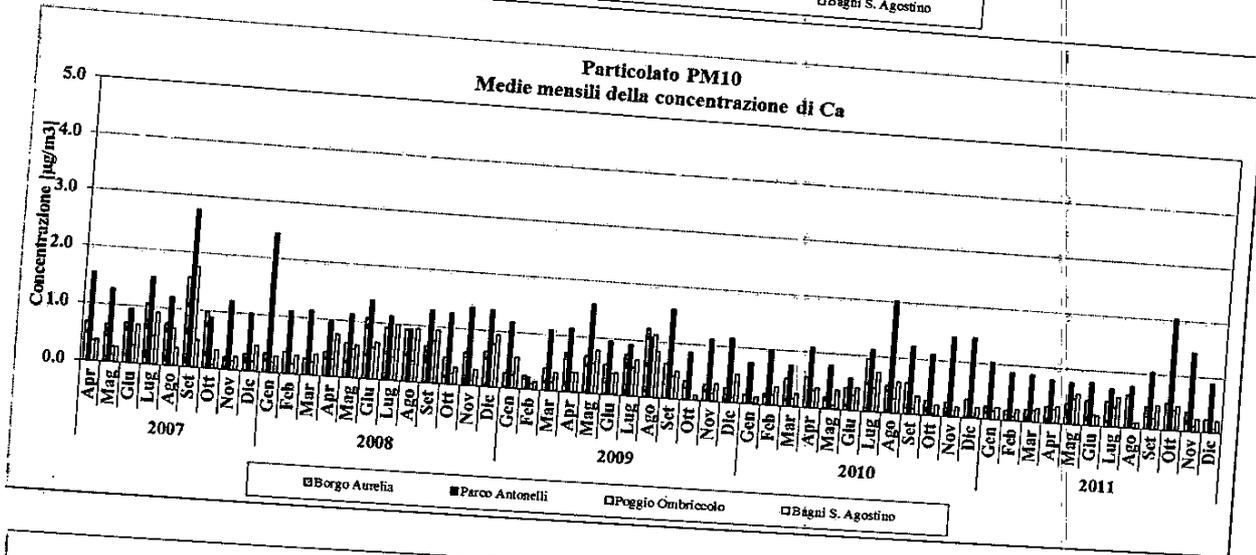
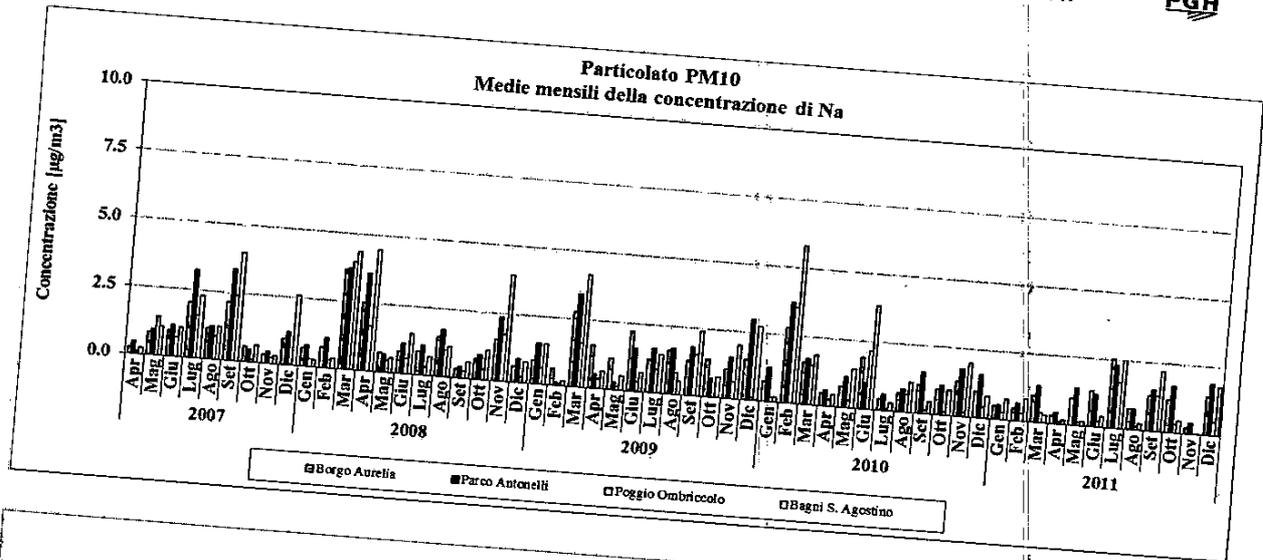
Postazione di Bagni S. Agostino - 2011						
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
SO4- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.77 ± 0.73	3.61 ± 1.82	4.71 ± 2.85	2.66 ± 0.29	4.49 ± 0.32	1.69 ± 2.93
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.86 ± 1.79	1.62 ± 0.33	1.40 ± 0.13	0.98 ± 0.29	0.39 ± 0.20	0.47 ± 0.81
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.69 ± 0.65	0.74 ± 0.55	0.12 ± 0.01	0.15 ± 0.08	0.06 ± 0.07	0.11 ± 0.20
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.22 ± 0.30	0.20 ± 0.06	0.25 ± 0.06	0.31 ± 0.11	0.54 ± 0.21	0.18 ± 0.31
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.76 ± 0.69	0.83 ± 0.47	0.30 ± 0.04	0.16 ± 0.12	0.16 ± 0.05	0.39 ± 0.68
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.09 ± 0.11	0.08 ± 0.06	0.01 ± 0.0002	0.01 ± 0.00001	0.01 ± 0.00004	0.05 ± 0.09
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.12 ± 0.16	0.19 ± 0.13	0.13 ± 0.04	0.01 ± 0.00001	0.14 ± 0.03	0.06 ± 0.11
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.52 ± 0.13	1.04 ± 0.66	1.48 ± 0.95	0.80 ± 0.05	1.37 ± 0.12	0.40 ± 0.69

Postazione di Bagni S. Agostino - 2011						
	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
SO4- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	3.25 ± 2.19	1.99 ± 3.45	1.86 ± 1.37	2.31 ± 2.12	1.59 ± 1.40	1.54 ± 0.75
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.71 ± 0.50	0.34 ± 0.59	1.94 ± 1.41	1.08 ± 0.95	1.00 ± 0.97	1.54 ± 0.16
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.35 ± 2.84	0.003 ± 0.01	2.99 ± 2.72	0.11 ± 0.09	0.01 ± 0.01	2.80 ± 1.02
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.54 ± 0.11	0.11 ± 0.18	0.43 ± 0.19	0.45 ± 0.41	0.23 ± 0.21	0.22 ± 0.01
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.53 ± 1.93	0.25 ± 0.43	2.23 ± 0.84	0.44 ± 0.46	0.01 ± 0.01	1.77 ± 0.35
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.32 ± 0.22	0.11 ± 0.18	0.25 ± 0.07	0.04 ± 0.06	0.01 ± 0.01	0.27 ± 0.04
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.17 ± 0.02	0.00 ± 0.01	0.18 ± 0.21	0.10 ± 0.09	0.12 ± 0.11	0.13 ± 0.03
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.87 ± 0.72	0.43 ± 0.75	0.28 ± 0.35	0.60 ± 0.52	0.50 ± 0.43	0.20 ± 0.12

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

## RAPPORTO





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;
- per tutte le specie ioniche analizzate si registra un andamento molto simile alle precedenti annualità;
- in tutte le postazioni, è abbastanza ben riconoscibile il ciclo stagionale dei solfati, in cui si hanno minime concentrazioni nei mesi invernali e massime nei mesi estivi. Saltuariamente a Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino si sono però riscontrati valori relativamente bassi anche nei mesi estivi. I massimi valori medi relativi si sono quasi sempre rilevati a Borgo Aurelia e Parco Antonelli;
- allo stesso modo dei solfati, ma con meno evidenza degli anni precedenti, si può cogliere un altrettanto tipico ciclo stagionale per i nitrati, il cui massimo si colloca invece nei mesi invernali e il minimo nel periodo estivo;
- l'andamento delle medie mensili di Ca mostra una accentuata differenza tra la postazione di Parco Antonelli e le altre. Infatti, le concentrazioni più elevate di questa specie ionica si riscontrano sempre a Parco Antonelli con un andamento non associabile a cicli stagionali, al contrario delle altre postazioni in cui i massimi di concentrazione si riscontrano normalmente nei mesi estivi;
- anche nel 2011, così come per gli anni precedenti, le concentrazioni di Cl e Na mostrano un andamento tra di loro molto 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>7</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>8</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 simile a quello dei solfati e suggerisce che esiste una buona correlazione tra queste due specie.

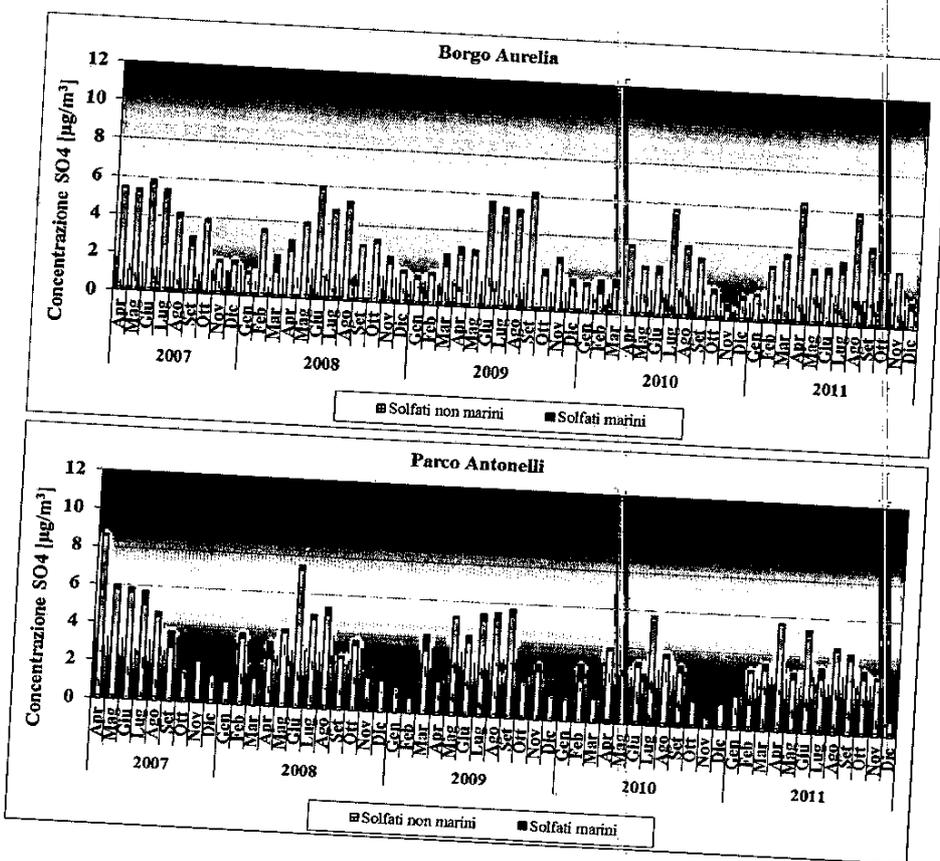
<sup>7</sup> McInnes, L.M. et al, 1994, Journal Geophysical Research 99, 8257-8268

<sup>8</sup> Zhuang H. et al., 1999, Atmospheric Environment 33, 843-853

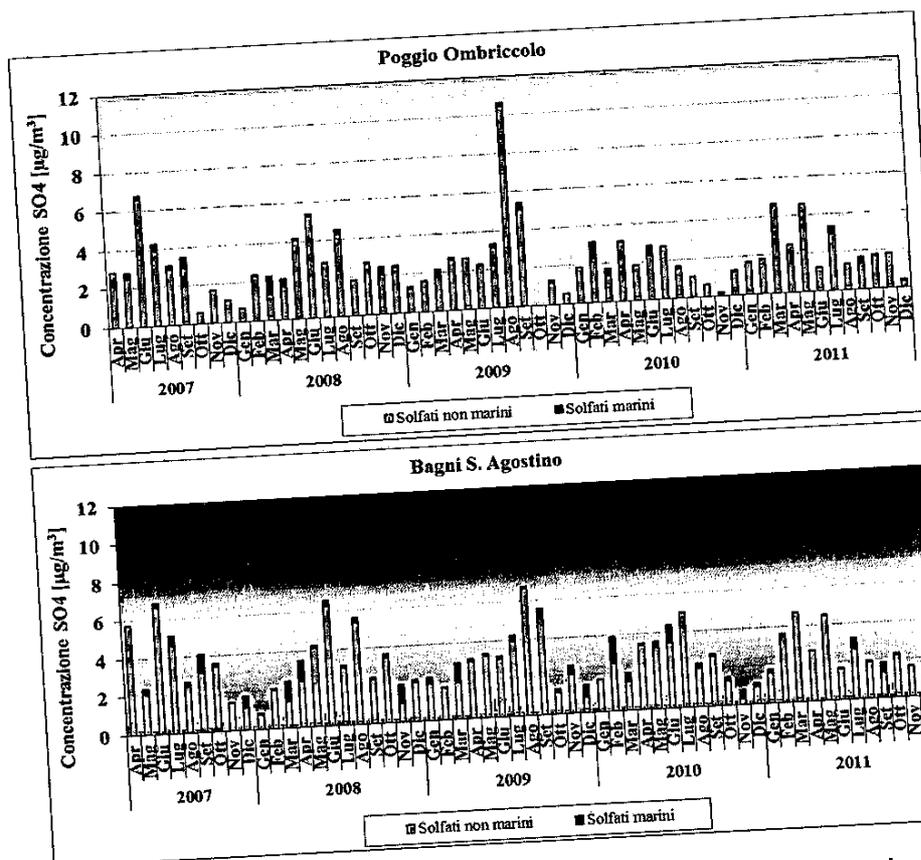
Avendo già evidenziato nei dati del 2007-'10, le evidenti influenze sul PM10 di Civitavecchia dello spray marino, anche nel 2011 si è proceduto al calcolo della quantità di solfati imputabili alla sorgente marina e alla conseguente componente di solfati non di origine marina (antropogenici). Il calcolo 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>(9)</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>9</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 2011, la quantità di solfati marini nel PM10 è stata relativamente bassa salvo in luglio, settembre (relativamente a Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino) e in dicembre. Nella tabella seguente è riassunta la percentuale di solfati totali attribuibile mensilmente in media ai solfati marini:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
gen. 11	8	7	4	11
feb. 11	4	5	4	6
mar. 11	7	9	2	2
apr. 11	1	2	1	1
mag. 11	8	11	4	6
giu. 11	11	6	13	19
lug. 11	19	17	3	3
ago. 11	3	4	19	30
set. 11	6	9	4	5
ott. 11	10	3	0	0
nov. 11	2	3	28	28
dic. 11	25	38	0	0
Minimo	1	2	0	0
Massimo	25	38	28	30

A dicembre, sebbene la percentuale di solfati marini sia stata elevata, in realtà è quantitativamente modesta essendo compresa tra 0.43 e 1.54 µg/m³, le più basse rilevate nel 2011.

### 3.2.2.1 Valori medi annuali di specie ioniche

Nelle tabelle successive, sono stati calcolati alcuni valori statistici di specie ioniche in aria per l'anno 2011 in ciascuna postazione, utilizzando sempre le convenzioni riportate in precedenza:

Borgo Aurelia										
Valori statistici 2011 per specie ioniche										
	Media	Dev Stand	$N_{tot}$	$n_{LdR}$	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
SO4- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	3.52	2.00	59	59	100	3.13	2.06	5.09	0.32	9.41
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.70	1.05	59	59	100	1.39	0.84	2.03	0.23	4.69
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.94	1.66	59	47	80	0.26	0.01	0.97	0.01	7.17
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.37	0.21	59	58	98	0.34	0.23	0.48	0.01	1.14
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.03	1.18	59	57	97	0.66	0.23	1.17	0.01	5.70
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.12	0.15	59	33	56	0.08	0.01	0.16	0.01	0.68
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.13	0.08	59	50	85	0.13	0.10	0.17	0.01	0.31
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.96	0.64	59	56	95	0.81	0.49	1.29	0.01	3.30

Parco Antonelli										
Valori statistici 2011 per specie ioniche										
	Media	Dev Stand	$N_{tot}$	$n_{LdR}$	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
SO4- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	3.72	2.42	58	58	100	3.30	1.99	5.15	0.20	12.72
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.13	1.44	58	57	98	1.80	1.05	2.99	0.01	6.63
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.44	2.35	58	55	95	0.33	0.16	1.41	0.01	8.95
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.06	0.63	58	58	100	0.93	0.62	1.32	0.22	3.00
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.24	1.41	58	56	97	0.78	0.32	1.61	0.01	7.14
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.15	0.18	58	37	64	0.10	0.01	0.20	0.01	0.85
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.17	0.10	58	53	91	0.15	0.13	0.21	0.01	0.52
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.86	0.69	58	54	93	0.68	0.36	1.28	0.01	3.75

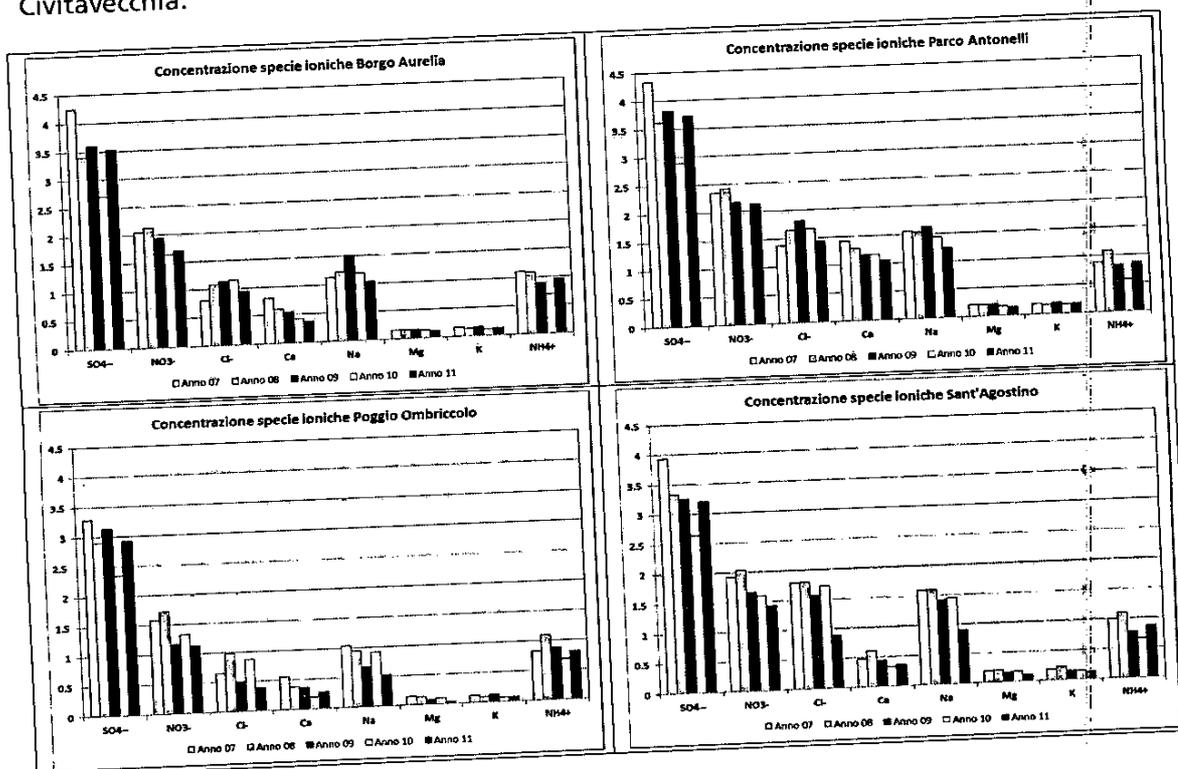
Poggio Ombriccolo										
Valori statistici 2011 per specie ioniche										
	Media	Dev Stand	$N_{tot}$	$n_{LdR}$	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
SO4- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2.92	1.40	22	22	100	2.55	2.09	3.70	0.87	6.53
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.14	0.66	22	22	100	1.04	0.76	1.45	0.06	2.84
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.39	0.77	22	21	95	0.11	0.01	0.13	0.01	3.07
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.28	0.17	22	22	100	0.25	0.15	0.38	0.01	0.71
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.53	0.66	22	22	100	0.32	0.12	0.63	0.01	2.84
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.04	0.08	22	17	77	0.01	0.01	0.01	0.01	0.34
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.08	0.06	22	18	82	0.10	0.01	0.13	0.01	0.16
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.82	0.48	22	22	100	0.84	0.42	1.07	0.10	1.95

Bagni S. Agostino										
Valori statistici 2011 per specie ioniche										
	Media	Dev Stand	$N_{tot}$	$n_{LdR}$	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
SO4- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	3.20	1.60	24	24	100	2.73	2.11	4.38	0.89	6.73
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1.42	0.68	24	24	100	1.38	1.00	1.68	0.25	3.12
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.89	1.41	24	20	83	0.21	0.11	1.08	0.01	4.91
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.37	0.19	24	23	96	0.31	0.25	0.48	0.01	0.81
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.90	0.96	24	22	92	0.57	0.25	1.19	0.01	3.89
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.12	0.13	24	12	50	0.06	0.01	0.17	0.01	0.47
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.13	0.09	24	19	79	0.15	0.07	0.18	0.01	0.34
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.86	0.51	24	24	100	0.80	0.51	1.22	0.03	2.16

Relativamente alle medie annuali di specie ioniche nel PM10 del 2011 nelle postazioni di misura, si possono fare le seguenti considerazioni:

- il PM10 di Parco Antonelli è risultato essere il più ricco di solfati e nitrati, quello di Poggio Ombriccolo ne contiene invece le minori quantità. A Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino si sono riscontrate nel 2011 concentrazioni comparabili di solfati e nitrati. Le concentrazioni medie annuali di questi composti seguono pertanto 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 postazioni più prossime al mare (Parco Antonelli, Bagni S. Agostino e Borgo Aurelia). In queste postazioni, le concentrazioni di sodio e cloruri sono risultate molto simili (rispettivamente  $0.9 - 1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il sodio e  $0.9 - 1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per i cloruri). A Poggio Ombriccolo le concentrazioni medie annuali sono risultate invece inferiori di circa il 40-60% rispetto alle altre due postazioni, in linea con quanto rilevato nelle precedenti annualità.
- 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 un'elevata concentrazione media annuale di calcio ( $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , circa lo stesso valore del 2010). La concentrazione media annuale di calcio nelle altre postazioni rimane invece compresa tra  $0.3$  e  $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Nelle figure seguenti sono messi a confronto gli andamenti delle concentrazioni medie annuali del periodo 2007-2011 delle specie ioniche misurate nelle quattro postazioni di Civitavecchia.



Come visto in precedenza per i metalli, anche in questo caso la media annuale per il 2011 delle maggior parte delle componenti ioniche è minore di quella misurata nel 2010, salvo il caso dei solfati e dell'ammonio, le cui concentrazioni medie sono molto simili a quelle del 2009. La tendenza generale pluriennale è però quella di una progressiva diminuzione delle concentrazioni medie annuali, da confermare nei prossimi monitoraggi.

### 3.3 Caratterizzazione chimica di IPA nel particolato PTS e in fase vapore.

Gli idrocarburi aromatici policiclici (IPA) in fase vapore e adsorbiti sul particolato atmosferico sono stati prelevati con un classico sistema di campionamento integrale che comprende un filtro, per la raccolta della fase particolato totale (PTS) ed un cilindro di schiuma poliuretana (PUF), per il trattenimento degli IPA più volatili e quindi normalmente 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-cd)pirene	6	276	Genotossico	2B
Dibenzo(a,h)antracene	6	278	Genotossico	2A
Benzo(g,h,i)perilene	6	276	Genotossico	3
Dibenzo(a,l)pirene	6	302	Genotossico	2B
Dibenzo(a,e)pirene	6	302	Genotossico	2B
Dibenzo(a,i)pirene	6	302	Genotossico	2B
Dibenzo(a,h)pirene	6	302	Genotossico	2B

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

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

Nelle pagine seguenti, 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> ]	0.32 ± 0.21	0.17 ± 0.11	0.27 ± 0.17	0.06 ± 0.05	0.05 ± 0.06	0.02 ± 0.03
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.13 ± 0.08	0.07 ± 0.04	0.13 ± 0.05	0.19 ± 0.37	0.08 ± 0.05	0.06 ± 0.09
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.21 ± 0.15	0.10 ± 0.07	0.22 ± 0.11	0.04 ± 0.06	0.14 ± 0.09	0.08 ± 0.09
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.12 ± 0.15	0.04 ± 0.03	0.11 ± 0.03	0.01 ± 0.01	0.15 ± 0.09	0.07 ± 0.11
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.39 ± 0.52	0.12 ± 0.07	0.32 ± 0.37	0.03 ± 0.05	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.05 ± 0.05	0.03 ± 0.02	0.06 ± 0.05	0.18 ± 0.39	0.07 ± 0.08	0.01 ± n.c.
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.61 ± 1.20	0.03 ± 0.02	0.15 ± 0.17	0.02 ± 0.03	0.06 ± 0.07	0.03 ± 0.02
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.46 ± 1.10	0.69 ± 0.62	4.43 ± 2.66	0.40 ± 0.18	0.89 ± 0.68	0.54 ± 0.25
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	3.76 ± 1.70	1.65 ± 1.00	1.21 ± 0.62	0.09 ± 0.03	0.07 ± 0.08	0.06 ± 0.08
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.22 ± 0.14	0.08 ± 0.08	0.42 ± 0.57	0.87 ± 0.30	0.32 ± 0.25	0.15 ± 0.30
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.27 ± 0.12	0.11 ± 0.08	0.45 ± 0.39	0.24 ± 0.17	0.11 ± 0.16	0.15 ± 0.30
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.23 ± 0.78	0.64 ± 0.54	1.28 ± 0.74	0.15 ± 0.05	0.32 ± 0.25	0.30 ± 0.18
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.74 ± 0.44	0.40 ± 0.37	0.92 ± 0.63	0.24 ± 0.17	0.15 ± 0.09	0.28 ± 0.19
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.08 ± 0.11	0.17 ± 0.12	0.12 ± 0.10	0.20 ± 0.15
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.13 ± 0.11	0.07 ± 0.06	0.15 ± 0.17	0.01 ± 0.02	0.01 ± 0.02	0.01 ± n.c.
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.25 ± 0.13	0.15 ± 0.12	0.27 ± 0.20	0.03 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.42 ± 0.46	0.19 ± 0.19	0.47 ± 0.31	0.05 ± 0.03	0.03 ± 0.02	0.05 ± 0.06
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.08 ± 0.05	0.05 ± 0.05	0.10 ± 0.05	0.16 ± 0.29	0.11 ± 0.10	0.06 ± 0.04
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.13 ± 0.08	0.08 ± 0.07	0.11 ± 0.05	0.02 ± n.c.	0.03 ± 0.03	0.02 ± 0.01
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.12 ± 0.11	0.08 ± 0.07	0.10 ± 0.07	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.04 ± 0.03	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.15 ± 0.11	0.11 ± 0.10	0.16 ± 0.09	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.12 ± 0.07	0.09 ± 0.08	0.11 ± 0.05	0.02 ± n.c.	0.03 ± 0.02	0.02 ± 0.01
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Totale	[ng/m <sup>3</sup> ]	11.00 ± 6.84	5.05 ± 3.62	11.64 ± 6.53	2.91 ± 0.94	2.56 ± 1.43	2.12 ± 1.10

		Postazione di Borgo Aurelia					
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.05	0.17 ± 0.09	0.60 ± 0.71
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.03	0.03 ± 0.04	0.12 ± 0.04	0.15 ± 0.14
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.005 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.04	0.05 ± 0.07	0.17 ± 0.04	0.18 ± 0.16
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.09 ± 0.06	0.08 ± 0.06
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.005 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.12 ± 0.17	0.38 ± 0.61
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.005 ± n.c.	0.005 ± n.c.	0.005 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.02	0.05 ± 0.07
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.22 ± 0.33	0.04 ± 0.02
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.26 ± 1.94	0.36 ± 0.29	0.33 ± 0.12	0.05 ± 0.08	0.52 ± 0.29	0.63 ± 0.60
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.06 ± 0.13	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.50 ± 0.27	1.96 ± 1.14	2.51 ± 2.07
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.20 ± 0.24	0.21 ± 0.19	0.13 ± 0.05	0.11 ± 0.04	0.10 ± 0.11	0.10 ± 0.08
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.54 ± 3.03	0.33 ± 0.26	0.12 ± 0.06	0.30 ± 0.21	0.28 ± 0.15	0.18 ± 0.03
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.78 ± 1.51	0.25 ± 0.18	0.09 ± 0.05	0.24 ± 0.16	0.57 ± 0.37	0.93 ± 0.74
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.005 ± n.c.	0.01 ± 0.002	0.41 ± 0.35	0.64 ± 0.53
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.06 ± 0.12	0.02 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.04	0.05 ± 0.06
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.16 ± 0.32	0.03 ± 0.03	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.06 ± 0.07	0.09 ± 0.11
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.10 ± 0.18	0.05 ± 0.04	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.04	0.12 ± 0.11	0.19 ± 0.18
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.03	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.07 ± 0.05	0.33 ± 0.30	0.81 ± 0.86
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.03	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.06 ± 0.06	0.10 ± 0.10
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.01	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.08 ± 0.07	0.15 ± 0.15
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.06 ± 0.07	0.11 ± 0.12
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.09 ± 0.07	0.22 ± 0.24
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.02
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.18 ± 0.17
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Totale	[ng/m <sup>3</sup> ]	4.40 ± 7.52	1.49 ± 0.91	1.02 ± 0.28	1.70 ± 0.88	5.74 ± 3.54	8.47 ± 7.65

## RAPPORTO

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> ]	0.44 ± 0.24	0.26 ± 0.14	0.38 ± 0.29	0.09 ± 0.04	0.09 ± 0.13	0.04 ± 0.03
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.24 ± 0.13	0.16 ± 0.11	0.21 ± 0.13	0.20 ± 0.32	0.21 ± 0.28	0.09 ± 0.06
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.41 ± 0.21	0.24 ± 0.17	0.39 ± 0.28	0.10 ± 0.06	0.36 ± 0.46	0.17 ± 0.04
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.23 ± 0.24	0.13 ± 0.12	0.18 ± 0.09	0.07 ± 0.06	0.29 ± 0.35	0.13 ± 0.10
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.16 ± 1.36	0.59 ± 0.60	0.53 ± 0.25	0.09 ± 0.06	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.13 ± 0.13	0.13 ± 0.14	0.11 ± 0.06	0.30 ± 0.62	0.01 ± 0.01	0.10 ± 0.11
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.55 ± 3.04	1.12 ± 0.74	1.66 ± 0.78	0.07 ± 0.04	0.23 ± 0.27	0.10 ± 0.04
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	2.46 ± 1.80	0.39 ± 0.37	0.51 ± 0.26	0.33 ± 0.10	0.08 ± 0.05	0.10 ± 0.04
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	6.08 ± 2.28	3.91 ± 3.07	6.00 ± 2.52	1.77 ± 1.48	0.94 ± 0.34	1.42 ± 0.55
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.71 ± 0.39	0.36 ± 0.30	0.66 ± 0.22	0.42 ± 0.28	0.22 ± 0.09	0.53 ± 0.23
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.60 ± 0.24	0.39 ± 0.30	1.55 ± 0.92	0.41 ± 0.31	0.21 ± 0.10	0.53 ± 0.23
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.59 ± 0.57	1.26 ± 1.39	1.30 ± 0.66	0.06 ± 0.08	0.02 ± 0.02	0.05 ± 0.10
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.37 ± 0.56	1.04 ± 1.02	0.32 ± 0.32	0.06 ± 0.04	0.01 ± 0.00	0.04 ± 0.04
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.03	0.04 ± 0.04	0.16 ± 0.08	0.08 ± 0.05	0.04 ± 0.02	0.10 ± 0.08
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.30 ± 0.28	0.12 ± 0.09	0.28 ± 0.15	0.19 ± 0.28	0.07 ± 0.02	0.13 ± 0.12
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.40 ± 0.22	0.27 ± 0.23	0.53 ± 0.19	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.04 ± 0.04
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.80 ± 1.04	0.31 ± 0.26	0.10 ± 0.05	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.04 ± 0.03
Benzo[b+]]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.14 ± 0.09	0.08 ± 0.06	0.14 ± 0.07	0.02 ± 0.01	0.02 ± n.c.	0.03 ± 0.02
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.23 ± 0.16	0.14 ± 0.10	0.15 ± 0.07	0.12 ± 0.14	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.31 ± 0.33	0.14 ± 0.09	0.03 ± 0.02	0.19 ± 0.37	0.02 ± n.c.	0.04 ± 0.05
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.04 ± 0.04	0.02 ± 0.01	0.23 ± 0.08	0.02 ± 0.01	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.31 ± 0.24	0.16 ± 0.13	0.02 ± 0.01	0.02 ± n.c.	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.04
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.02	0.02 ± 0.01	0.20 ± 0.06	0.02 ± 0.01	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.30 ± 0.24	0.18 ± 0.13	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.01	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	19.92 ± 12.99	11.32 ± 8.35	15.96 ± 6.80	6.96 ± 2.80	3.44 ± 1.90	4.62 ± 1.80
<b>Totale</b>							

		Postazione di Parco Antonelli					
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.05	0.04 ± 0.03	0.02 ± 0.02	0.16 ± 0.28	1.61 ± 1.93	0.63 ± 0.72
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.08 ± 0.09	0.03 ± 0.04	0.04 ± 0.03	0.21 ± 0.40	1.66 ± 2.10	0.20 ± 0.14
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.14 ± 0.14	0.05 ± 0.07	0.06 ± 0.06	0.33 ± 0.58	2.78 ± 3.70	0.27 ± 0.19
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.13 ± 0.14	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.03	0.13 ± 0.24	0.87 ± 1.01	0.13 ± 0.09
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.003	0.05 ± 0.07	0.24 ± 0.25	0.08 ± 0.09
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.06 ± 0.03	0.14 ± 0.26	0.88 ± 0.97	0.09 ± 0.06
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.119 ± 0.11	0.03 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.21 ± 0.18	0.57 ± 0.30	1.15 ± 0.87
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.07 ± 0.03	0.05 ± 0.03	0.06 ± 0.02	1.54 ± 0.83	3.13 ± 1.99	4.80 ± 3.52
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.21 ± 0.33	1.52 ± 0.61	0.84 ± 0.09	0.07 ± 0.02	0.18 ± 0.10	0.41 ± 0.42
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.07 ± 0.03	0.12 ± 0.07	0.37 ± 0.10	0.36 ± 0.15	0.65 ± 0.47	0.48 ± 0.14
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.27 ± 0.16	0.56 ± 0.33	0.39 ± 0.15	0.84 ± 0.67	0.77 ± 0.27	1.54 ± 1.08
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.55 ± 0.32	0.61 ± 0.14	0.41 ± 0.16	0.83 ± 0.61	0.80 ± 0.37	1.60 ± 1.06
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.49 ± 0.23	0.63 ± 0.15	0.41 ± 0.16	0.03 ± 0.04	0.04 ± 0.03	0.09 ± 0.08
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.04 ± 0.05	0.01 ± n.c.	0.06 ± 0.05	0.12 ± 0.10	0.17 ± 0.15
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.05 ± 0.06	0.01 ± 0.003	0.03 ± 0.004	0.22 ± 0.16	0.27 ± 0.20
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.01	0.11 ± 0.10	0.03 ± 0.004	0.14 ± 0.16	0.67 ± 0.59	1.21 ± 1.22
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.01	0.24 ± 0.38	0.05 ± 0.01	0.19 ± 0.20	0.12 ± 0.08	0.15 ± 0.12
Benzo[b+]]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.04 ± 0.05	0.02 ± n.c.	0.03 ± 0.02	0.18 ± 0.15	0.24 ± 0.21
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.06 ± 0.08	0.02 ± n.c.	0.04 ± 0.05	0.12 ± 0.10	0.21 ± 0.21
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.05 ± 0.09	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.02
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.06 ± 0.05	0.19 ± 0.11	0.37 ± 0.34
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.08 ± 0.14	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.03
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.26 ± 0.20	0.42 ± 0.34
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.07 ± 0.04	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.08 ± 0.11	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
<b>Totale</b>		3.42 ± 1.71	4.53 ± 1.70	2.62 ± 0.56	5.68 ± 3.50	16.20 ± 14.33	15.27 ± 11.29

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

	[ng/m <sup>3</sup> ]	Postazione di Poggio Ombriccolo					
		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.22 ± 0.20	0.23 ± 0.23	0.09 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.08 ± 0.08	0.08 ± 0.10	0.05 ± 0.02	0.02 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.11 ± 0.10	0.12 ± 0.14	0.10 ± 0.01	0.03 ± 0.03	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.04 ± 0.03	0.04 ± 0.05	0.07 ± 0.02	0.03 ± 0.03	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.005
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.19 ± 0.26	0.05 ± 0.05	0.11 ± 0.12	0.01 ± 0.004	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.03	0.02 ± 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> ]	0.18 ± 0.24	0.04 ± 0.03	0.26 ± 0.35	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.23 ± 1.56	0.61 ± 0.71	0.48 ± 0.34	0.05 ± 0.06	0.03 ± 0.03	0.01 ± n.c.
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.84 ± 1.63	1.22 ± 1.09	1.77 ± 1.38	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.08 ± 0.10	0.03 ± 0.02	0.06 ± 0.07	0.37 ± 0.14	0.33 ± 0.34	0.01 ± n.c.
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.11 ± 0.07	0.08 ± 0.07	0.17 ± 0.12	0.13 ± 0.14	0.03 ± 0.03	0.17 ± 0.06
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.62 ± 0.69	0.54 ± 0.60	0.54 ± 0.46	0.05 ± 0.02	0.03 ± 0.03	0.01 ± n.c.
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.37 ± 0.41	0.29 ± 0.29	0.31 ± 0.25	0.13 ± 0.06	0.09 ± 0.09	0.10 ± 0.01
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.03	0.01 ± n.c.	0.08 ± 0.04	0.08 ± 0.09	0.11 ± 0.04
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.06 ± 0.07	0.04 ± 0.04	0.04 ± 0.03	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.07 ± 0.03
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.13 ± 0.13	0.13 ± 0.13	0.09 ± 0.05	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.
Benzo[b+]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.15 ± 0.16	0.16 ± 0.17	0.11 ± 0.004	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.004
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.04 ± 0.04	0.04 ± 0.03	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.06 ± 0.05	0.01 ± 0.001
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.06 ± 0.07	0.06 ± 0.05	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.04 ± 0.03	0.05 ± 0.03	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.07 ± 0.08	0.08 ± 0.07	0.05 ± 0.01	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Benzo[g, h, i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.06 ± 0.06	0.06 ± 0.05	0.04 ± 0.04	0.02 ± n.c.	0.03 ± 0.01	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a, e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a, h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.03 ± 0.01	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a, i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a, l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Totale	[ng/m <sup>3</sup> ]	5.81 ± 6.03	4.08 ± 3.95	4.49 ± 3.29	1.16 ± 0.42	1.03 ± 0.81	0.72 ± 0.11

	[ng/m <sup>3</sup> ]	Postazione di Poggio Ombriccolo					
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.03	0.72 ± 0.68	0.66 ± 0.86
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.02	0.52 ± 0.48	0.14 ± 0.12
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.03	0.75 ± 0.68	0.16 ± 0.14
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.004	0.01 ± n.c.	0.19 ± 0.16	0.08 ± 0.05
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.06 ± 0.05	0.19 ± 0.27
Acenaftene	[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	0.04 ± 0.05
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.004	0.19 ± 0.16	0.04 ± 0.01
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.48 ± 0.61
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.25 ± n.c.	0.16 ± 0.07	0.11 ± 0.11	0.31 ± 0.04	1.08 ± 1.17	1.52 ± 1.67
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.004	0.05 ± 0.07	0.03 ± 0.04
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± n.c.	0.03 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.22 ± 0.26	0.09 ± 0.04
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.11 ± n.c.	0.15 ± 0.09	0.10 ± 0.01	0.27 ± 0.18	0.26 ± 0.21	0.60 ± 0.73
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± n.c.	0.06 ± 0.02	0.07 ± 0.005	0.17 ± 0.11	0.21 ± 0.22	0.30 ± 0.35
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.004	0.01 ± n.c.	0.03 ± 0.04
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.04	0.03 ± 0.04
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.005 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.04 ± 0.05	0.05 ± 0.07	0.11 ± 0.13
Benzo[b+]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.08 ± 0.07	0.13 ± 0.14	0.56 ± 0.78
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.07 ± 0.08
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.04 ± 0.05	0.08 ± 0.10
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.04 ± 0.04	0.06 ± 0.07
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.03 ± 0.01	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.14 ± 0.18
Dibenzo[a, h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Benzo[g, h, i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.05 ± 0.06	0.11 ± 0.13
Dibenzo[a, e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a, h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a, i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a, l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Totale	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.66 ± n.c.	0.65 ± 0.18	0.58 ± 0.14	1.26 ± 0.34	4.84 ± 4.29	5.62 ± 6.45

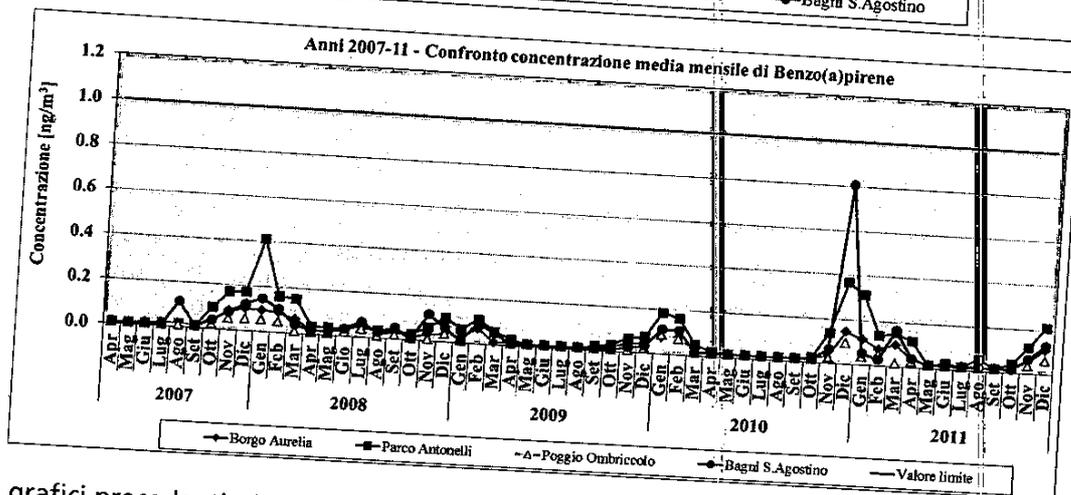
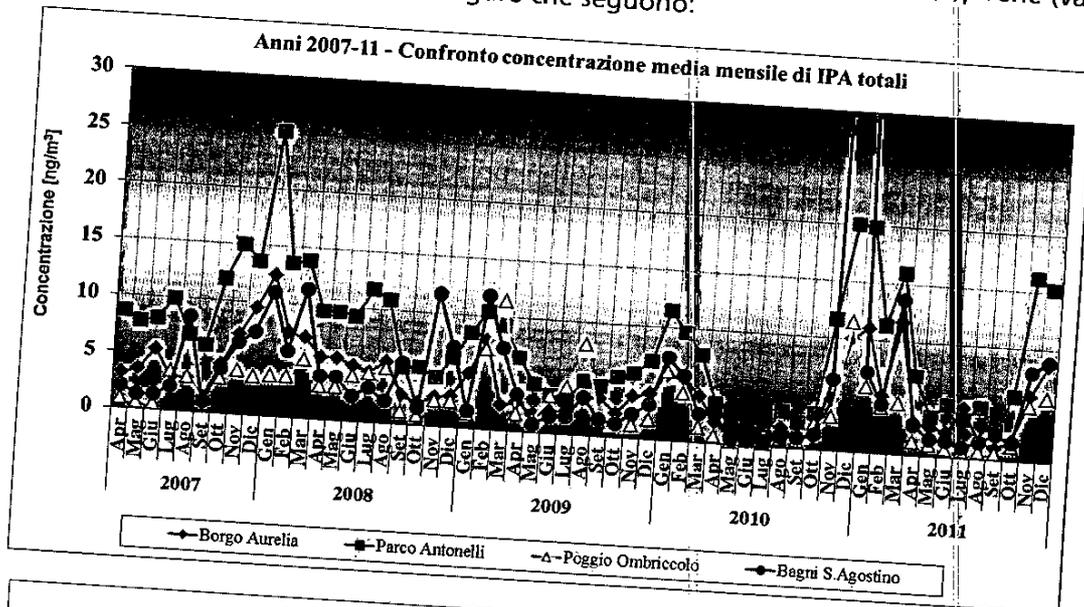
## RAPPORTO

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> ]	0.19 ± 0.26	0.10 ± 0.07	0.32 ± 0.25	0.01 ± 0.01	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.07 ± 0.09	0.06 ± 0.04	0.40 ± 0.35	0.19 ± 0.33	0.01 ± 0.004	0.05 ± 0.04
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.09 ± 0.12	0.06 ± 0.05	0.68 ± 0.62	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.07 ± 0.06
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.03	0.28 ± 0.22	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.04	0.04 ± 0.03
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.09 ± 0.11	0.05 ± 0.04	0.80 ± 0.47	0.02 ± 0.02	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.03 ± 0.03	0.02 ± 0.01	0.11 ± 0.05	0.11 ± 0.17	0.01 ± n.c.	0.04 ± 0.07
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.08 ± 0.02	0.04 ± 0.05	1.12 ± 0.68	0.02 ± 0.02	0.52 ± 0.50	0.35 ± 0.12
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1.21 ± 1.50	0.32 ± 0.22	4.10 ± 2.47	0.86 ± 0.27	0.15 ± 0.20	0.02 ± 0.005
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	2.67 ± 1.25	1.80 ± 1.66	4.40 ± 0.36	0.31 ± 0.25	0.10 ± 0.09	0.10 ± 0.08
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.13 ± 0.05	0.10 ± 0.10	0.47 ± 0.43	0.11 ± 0.07	0.24 ± 0.28	0.23 ± 0.10
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.21 ± 0.02	0.16 ± 0.16	1.13 ± 0.57	0.20 ± 0.17	0.12 ± 0.12	0.18 ± 0.07
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.90 ± 0.58	0.52 ± 0.41	0.82 ± 0.53	0.15 ± 0.12	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.52 ± 0.35	0.38 ± 0.34	0.42 ± 0.27	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.004	0.01 ± 0.01
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.19 ± 0.14	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.05	0.02 ± 0.02
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.07 ± 0.06	0.05 ± 0.05	0.34 ± 0.17	0.04 ± 0.04	0.05 ± 0.06	0.04 ± 0.02
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.17 ± 0.09	0.12 ± 0.10	0.89 ± 0.47	0.23 ± 0.32	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.18 ± 0.13	0.09 ± 0.06	0.12 ± 0.08	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.05 ± 0.04	0.08 ± 0.09	0.17 ± 0.10	0.04 ± 0.05	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.08 ± 0.06	0.03 ± 0.03	0.16 ± 0.11	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.05 ± 0.05	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.03	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.26 ± 0.12	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.09 ± 0.07	0.09 ± 0.08	0.02 ± 0.01	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.17 ± 0.09	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.07 ± 0.06	0.06 ± 0.04	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
<b>Totale</b>		<b>7.08 ± 4.96</b>	<b>4.30 ± 3.41</b>	<b>13.65 ± 8.65</b>	<b>2.62 ± 0.51</b>	<b>1.51 ± 0.86</b>	<b>1.39 ± 0.09</b>

		Postazione di Bagni S. Agostino					
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.04 ± 0.05	0.05 ± 0.04	0.62 ± 0.49	0.57 ± 0.54
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.05 ± 0.04	0.06 ± 0.06	0.86 ± 0.51	0.12 ± 0.06
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.08 ± 0.08	0.08 ± 0.08	0.08 ± 0.08	1.25 ± 0.81	0.16 ± 0.03
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.03	0.02 ± 0.003	0.03 ± 0.03	0.53 ± 0.37	0.04 ± 0.01
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.24 ± 0.20	0.21 ± 0.25
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.04 ± 0.06	0.04 ± 0.05	0.05 ± 0.03	0.46 ± 0.39	0.02 ± 0.02
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.09 ± 0.10	0.07 ± 0.02	0.41 ± 0.28	0.54 ± 0.64
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.28 ± 0.05	0.40 ± 0.34	0.42 ± 0.33	0.42 ± 0.09	1.35 ± 0.66	2.74 ± 2.50
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.09 ± 0.06	0.17 ± 0.14
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.23 ± 0.21	0.10 ± 0.05	0.24 ± 0.11	0.22 ± 0.09
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.09 ± 0.10	0.08 ± 0.07	0.44 ± 0.51	0.25 ± 0.04	0.37 ± 0.18	1.05 ± 1.06
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.17 ± 0.05	0.15 ± 0.10	0.39 ± 0.43	0.17 ± 0.08	0.32 ± 0.21	0.76 ± 0.79
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.14 ± 0.06	0.16 ± 0.15	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.04 ± 0.04	0.04 ± 0.06
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.05 ± 0.04	0.09 ± 0.11
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.01 ± 0.01	0.04 ± 0.06	0.04 ± 0.03	0.10 ± 0.08	0.18 ± 0.18
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.01 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.08 ± 0.09	0.07 ± 0.04	0.39 ± 0.36	0.91 ± 1.13
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.06 ± 0.04	0.11 ± 0.14
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.08 ± 0.06	0.16 ± 0.21
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.06 ± 0.06	0.13 ± 0.16
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.04 ± 0.04	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± 0.01	0.02 ± n.c.
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.03 ± 0.03	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.1 ± 0.1	0.24 ± 0.30
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.20 ± 0.32	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.03 ± 0.02
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.09 ± 0.08	0.19 ± 0.23
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.	0.02 ± n.c.
<b>Totale</b>		<b>0.94 ± 0.25</b>	<b>1.49 ± 1.03</b>	<b>2.17 ± 1.98</b>	<b>1.60 ± 0.24</b>	<b>7.85 ± 4.58</b>	<b>8.79 ± 8.68</b>

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 negli anni precedenti, anche nel 2011 è evidente un ciclo annuale, con un aumento della concentrazione media mensile degli IPA in inverno ed una diminuzione della loro concentrazione media in primavera, con un lieve incremento in luglio-agosto. Mentre l'aumento invernale potrebbe essere quasi certamente dovuto all'accumulo di emissioni urbane invernali per lo scarso rimescolamento degli strati di aria, (traffico veicolare, riscaldamento, ecc.), ben visibile nella postazione di Parco Antonelli, l'aumento estivo della concentrazione di IPA potrebbe essere invece associabile alle emissioni portuali, che si incrementano in questo periodo dell'anno per l'intenso traffico marittimo turistico nel porto di Civitavecchia; il ciclo invernale novembre '10 - marzo '11 ha un andamento molto simile a quello riscontrato nel ciclo invernale 2007-2008 con valori abbastanza elevati di concentrazione media mensile di IPA totali. In particolare, se i valori medi mensili di dicembre a Borgo Aurelia, Parco Antonelli e Poggio Ombriccolo possono considerarsi

rientranti in una normale variabilità, nel campione del 29/12/10 di Bagni S. Agostino si è riscontrata una concentrazione molto elevata di IPA totali pari ad oltre 300 ng/m<sup>3</sup> (2.1 ng/m<sup>3</sup> di benzo(a)pirene). Concentrazioni così elevate sono del tutto anomale per il comprensorio di Civitavecchia e fanno propendere per un evento estemporaneo, quale ad esempio un incendio nelle vicinanze della postazione, ma di cui non si sono trovati riscontri;

- la massima concentrazione media mensile invernale si è avuta in gennaio a Parco Antonelli (circa 20 ng/m<sup>3</sup> di IPA totali) mentre in estate, la massima concentrazione media mensile si è avuta in giugno sempre nella postazione di Parco Antonelli (circa 5 ng/m<sup>3</sup>);
- 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.

### 3.3.1.1 Valori medi annuali

Nelle pagine seguenti, sono riportati i valori medi annuali di concentrazione degli IPA per ciascuna postazione.

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<sub>tot</sub>" è stato indicato il numero di campioni prelevati in ambiente mentre nelle colonne "n<sub>LdR</sub>" 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 2011 per gli IPA**

	Media	Dev Stand	N <sub>tot</sub>	n <sub>LAR</sub>	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Naftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.141	0.266	61	39	64	0.044	0.005	0.146	0.005	1.636
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.082	0.125	61	42	69	0.058	0.005	0.112	0.005	0.854
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.101	0.110	61	43	70	0.061	0.005	0.183	0.005	0.462
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.059	0.077	61	39	64	0.027	0.005	0.073	0.005	0.393
Acenaftilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.115	n.c.	61	29	48	0.005	0.005	0.085	0.005	1.463
Acenaftene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.035	n.c.	61	21	34	0.005	0.005	0.026	0.005	0.872
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.103	0.364	61	37	61	0.022	0.005	0.070	0.005	2.747
Fluorene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.393	0.634	61	48	79	0.072	0.014	0.457	0.005	2.686
Fenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	1.570	1.764	61	61	100	0.810	0.457	1.915	0.046	8.767
Antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.139	0.232	61	49	80	0.037	0.013	0.134	0.005	1.358
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.224	0.191	61	61	100	0.164	0.101	0.264	0.033	1.124
Fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.628	0.994	61	60	98	0.343	0.168	0.620	0.005	6.949
Pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.411	0.557	61	60	98	0.266	0.107	0.411	0.005	3.472
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.021	n.c.	61	17	28	0.005	0.005	0.011	0.005	0.241
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.054	0.085	61	45	74	0.023	0.005	0.042	0.005	0.425
Crisene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.114	0.150	61	54	89	0.057	0.023	0.042	0.005	0.732
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.230	0.371	61	49	80	0.099	0.032	0.256	0.015	1.890
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.044	n.c.	61	23	38	0.015	0.015	0.054	0.015	0.226
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.055	n.c.	61	27	44	0.015	0.015	0.064	0.015	0.361
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.049	n.c.	61	21	34	0.015	0.015	0.054	0.015	0.313
Perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.017	n.c.	61	5	8	0.015	0.015	0.054	0.015	0.041
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.071	n.c.	61	28	46	0.015	0.015	0.077	0.015	0.556
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.018	n.c.	61	5	8	0.015	0.015	0.077	0.015	0.069
Benzo[g, h, i]perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.058	n.c.	61	27	44	0.015	0.015	0.015	0.015	0.409
Dibenzo[a, e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a, h]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a, i]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a, l]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	61	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Totale [ng/m <sup>3</sup> ]	4.79	5.33	-	-	-	2.72	1.45	5.50	0.440	21.46

**Parco Antonelli - Valori statistici 2011 per gli IPA**

	Media	Dev Stand	N <sub>tot</sub>	n <sub>LAR</sub>	% >LdR	Mediana	25° Percentile	75° Percentile	Minimo	Massimo
Naftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.315	0.704	60	48	80	0.090	0.019	0.284	0.005	4.522
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.277	0.713	60	54	90	0.089	0.028	0.218	0.005	4.876
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.442	1.225	60	56	93	0.141	0.050	0.315	0.005	8.718
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.196	0.371	60	50	83	0.090	0.028	0.171	0.005	2.031
Acenaftilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.280	0.567	60	51	85	0.032	0.013	0.302	0.005	3.432
Acenaftene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.073	0.192	60	38	63	0.020	0.005	0.063	0.005	1.410
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.309	0.944	60	55	92	0.092	0.038	0.225	0.005	6.979
Fluorene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.655	0.964	60	60	100	0.172	0.070	0.854	0.010	5.508
Fenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	2.780	2.504	60	60	100	1.737	0.970	3.391	0.556	10.141
Antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.373	0.637	60	60	100	0.151	0.074	0.308	0.034	3.583
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.488	0.280	60	60	100	0.430	0.294	0.649	0.045	11.414
Fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.855	0.759	60	59	98	0.647	0.344	1.057	0.005	3.593
Pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.802	0.656	60	59	98	0.667	0.323	1.000	0.005	3.068
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.059	n.c.	60	25	42	0.005	0.005	0.068	0.005	0.806
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.092	0.126	60	55	92	0.046	0.017	0.132	0.005	0.768
Crisene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.162	0.172	60	59	98	0.094	0.035	0.231	0.005	0.774
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.367	0.589	60	58	97	0.111	0.056	0.526	0.015	2.782
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.062	n.c.	60	28	47	0.015	0.015	0.088	0.015	0.294
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.096	0.123	60	32	53	0.034	0.015	0.132	0.015	0.508
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.101	n.c.	60	29	48	0.015	0.015	0.126	0.015	0.885
Perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.035	n.c.	60	10	17	0.015	0.015	0.015	0.015	0.847
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.126	0.174	60	35	58	0.035	0.015	0.183	0.015	0.786
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.019	n.c.	60	7	12	0.015	0.015	0.015	0.015	0.074
Benzo[g, h, i]perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.136	0.184	60	40	67	0.049	0.015	0.192	0.015	0.855
Dibenzo[a, e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	60	1	2	0.015	0.015	0.015	n.c.	n.c.
Dibenzo[a, h]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	60	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a, i]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	60	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a, l]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.016	n.c.	60	1	2	0.015	0.015	n.c.	n.c.	n.c.
Totale [ng/m <sup>3</sup> ]	9.16	8.92	-	-	-	5.45	3.41	11.37	1.42	42.34

Poggio Ombriccolo - Valori statistici 2011 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> ]	0.177	n.c.	28	13	46	0.005	0.005	0.088	0.005	1.369
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.089	n.c.	28	13	46	0.005	0.005	0.047	0.005	0.943
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.128	0.298	28	14	50	0.009	0.005	0.075	0.005	1.346
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.044	0.073	28	14	50	0.008	0.005	0.054	0.005	0.283
Acenaftilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.051	n.c.	28	12	43	0.005	0.005	0.005	0.005	0.078
Acenaftene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.013	n.c.	28	5	18	0.005	0.005	0.031	0.005	0.506
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.061	n.c.	28	10	36	0.005	0.005	0.125	0.005	2.337
Fluorene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.244	0.523	28	18	64	0.042	0.005	0.713	0.035	2.991
Fenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.756	0.931	28	28	100	0.336	0.201	0.042	0.005	0.287
Antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.039	n.c.	28	13	46	0.005	0.045	0.105	0.010	0.522
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.098	0.102	28	28	100	0.069	0.069	0.259	0.027	1.195
Fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.294	0.346	28	28	100	0.143	0.100	0.170	0.021	0.657
Pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.174	0.190	28	28	100	0.084	0.062	0.170	0.005	0.060
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.009	n.c.	28	3	11	0.005	0.005	0.029	0.005	0.115
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.023	0.029	28	14	50	0.008	0.005	0.062	0.005	0.262
Crisene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.053	0.072	28	22	79	0.016	0.011	0.062	0.015	1.111
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.109	0.215	28	16	57	0.033	0.015	0.015	0.015	0.122
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.025	n.c.	28	5	18	0.015	0.015	0.015	0.015	0.153
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.032	n.c.	28	6	21	0.015	0.015	0.020	0.015	0.108
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.028	n.c.	28	7	25	0.015	0.015	0.020	0.015	0.108
Perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.075	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> ]	0.040	n.c.	28	10	36	0.015	0.015	0.015	0.015	0.070
Dibenzo[a,h]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.017	n.c.	28	1	4	0.015	0.015	0.020	0.015	0.202
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.035	n.c.	28	7	25	0.015	0.015	0.020	0.015	0.202
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	28	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	28	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	28	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	28	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
<b>Totale</b> [ng/m <sup>3</sup> ]	<b>2.61</b>	<b>3.18</b>	-	-	-	<b>1.08</b>	<b>0.74</b>	<b>2.47</b>	<b>0.45</b>	<b>10.18</b>

Bagni S. Agostino - Valori statistici 2011 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> ]	0.157	0.283	30	20	67	0.027	0.005	0.174	0.005	1.182
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.167	0.310	30	21	70	0.046	0.005	0.131	0.005	1.168
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.223	0.453	30	21	70	0.072	0.005	0.168	0.005	1.964
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.096	0.193	30	22	73	0.034	0.008	0.062	0.005	0.767
Acenaftilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.110	0.234	30	16	53	0.013	0.005	0.059	0.005	1.131
Acenaftene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.032	n.c.	30	13	43	0.005	0.005	0.032	0.005	0.3
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.086	0.169	30	20	67	0.022	0.005	0.099	0.005	0.889
Fluorene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.300	0.514	30	27	90	0.089	0.032	0.311	0.005	2.269
Fenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	1.232	1.416	30	30	100	0.670	0.319	1.558	0.119	5.842
Antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.112	0.162	30	25	83	0.035	0.011	0.141	0.005	0.651
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.169	0.152	30	28	93	0.148	0.070	0.192	0.005	0.777
Fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.435	0.441	30	29	97	0.295	0.162	0.483	0.005	1.799
Pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.319	0.325	30	29	97	0.204	0.113	0.330	0.005	1.314
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.041	n.c.	30	7	23	0.005	0.005	0.005	0.005	0.612
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.043	0.062	30	19	63	0.016	0.009	0.104	0.005	0.288
Crisene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.086	0.109	30	22	73	0.039	0.020	0.132	0.015	1.706
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.225	0.392	30	22	73	0.052	0.020	0.132	0.015	1.706
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.041	n.c.	30	8	27	0.015	0.015	0.030	0.015	0.207
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.047	n.c.	30	8	27	0.015	0.015	0.031	0.015	0.309
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.044	n.c.	30	8	27	0.015	0.015	0.043	0.015	0.243
Perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.019	n.c.	30	3	10	0.015	0.015	0.015	0.015	0.085
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.069	n.c.	30	11	37	0.015	0.015	0.070	0.015	0.457
Dibenzo[a,h]antracene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.035	n.c.	30	3	10	0.015	0.015	0.015	0.015	0.570
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.052	n.c.	30	10	33	0.015	0.015	0.055	0.015	0.350
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.015	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo[a,l]pirene [ng/m <sup>3</sup> ]	0.02	n.c.	30	0	0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
<b>Totale</b> [ng/m <sup>3</sup> ]	<b>4.20</b>	<b>4.71</b>	-	-	-	<b>2.35</b>	<b>1.34</b>	<b>3.58</b>	<b>0.76</b>	<b>19.76</b>

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>10</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
Acenaphthene	0.01	0.3-2.6			98
Acenaphthylene	0.01				
Anthracene	n.d. <sup>*</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	0.37-42
Benzo(a)pyrene	0.02	0.02-1.6	0.4-2	0.7-3.1	0.5-39
Benzo(b)pyrene	0.01-0.02	0.18-1.1	0.2-2.1	0.9-3.7	0.65-80
Benzo(k)fluoranthene	0.00-0.01	0.04-0.6			0.3-34
Benzo(ghi)perylene	0.01	0.15-1.0	0.5-2.8	1-4.7	0.7-52
Benzo(f)fluoranthene					
Benzo(k)fluoranthene		0.04-0.32	0.2-1		0.3-17
Chrysene		0.02-4.4	0.3-2.2		0.3-37
Coronene	0.00-0.01	0.02-0.5	0.1-0.6	0.4-2.5	0.26-5.2
Dibenz(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			42
Fluorene	0.2-0.4	0.3-46		9.9-16.7	
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0.02-0.04	0.04-0.21	0.3-2.1	1.3-2.6	0.4-37
Phenanthrene	0.1-0.3	0.42-150			16
Pyrene	0.08	0.1-6.1	0.24-1.2	0.2-1.5	7.5

\*Not detected

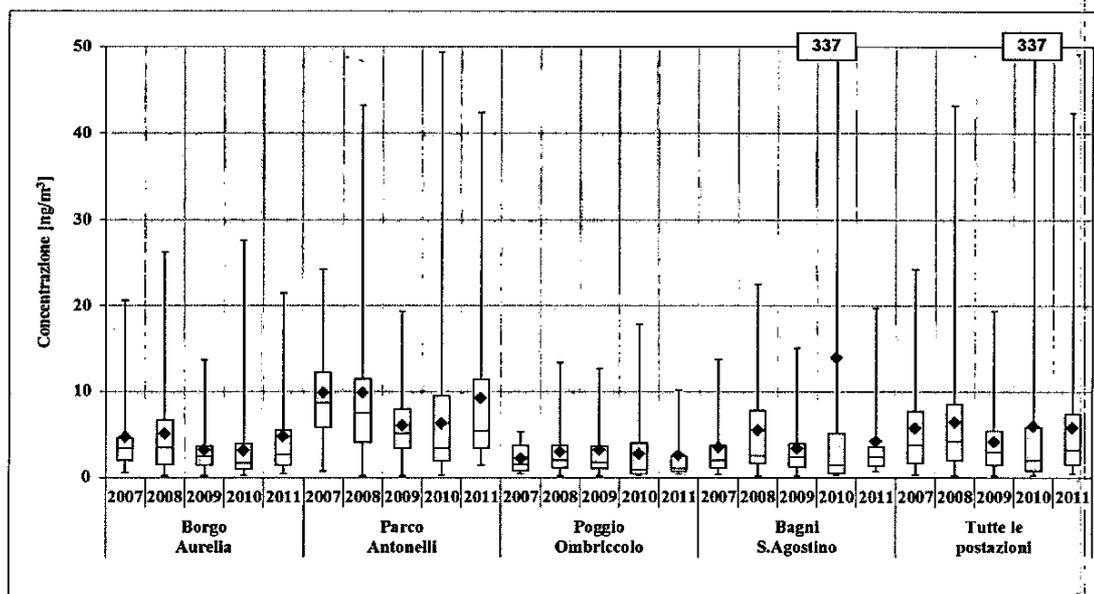
Nella tabella riportata sotto, sono stati sintetizzati alcuni valori statistici delle concentrazioni in aria di IPA totali riferiti all'intero periodo di monitoraggio del 2011, espressi ancora in ng/m<sup>3</sup>:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccòlo	Bagni S. Agostino	Tutte le postazioni
Media	4.8	9.2	2.6	4.2	5.8
Mediana	2.7	5.4	1.1	2.4	3.3
25° Percentile	1.5	3.4	0.7	1.3	1.5
75° Percentile	5.5	11.4	2.5	3.6	7.4
Minimo	0.44	1.42	0.45	0.76	0.44
Massimo	21.5	42.3	10.2	19.8	42.3

Si conferma quindi, la peculiarità della postazione urbana di Parco Antonelli, in cui si ha una concentrazione media annua di IPA circa 2-3 volte maggiore 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 abbastanza elevati. Ciò è evidenziabile meglio dalla figura seguente, in cui i dati statistici degli IPA del 2011 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.

<sup>10</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)



Dalla figura, si nota che i valori del 2011 sono aumentati sia in termini di media che come mediana rispetto a quelli del 2010 e risultano simili a quelli del 2008 o del 2009 a seconda della postazione. Considerando l'intero periodo di monitoraggio, non vi è ancora una chiara tendenza, probabilmente a causa della grande variabilità degli intervalli di concentrazione. Si fa comunque notare che poco meno del 90% della concentrazione degli IPA in aria è attribuibile ai composti più leggeri (2-4 anelli), tipicamente associati alle emissioni da motori a combustione interna, che non hanno caratteristiche cancerogene o mutagene. Nella tabella sottostante, sono riportati appunto i dati riguardanti la quantità media di IPA a 2-4 anelli e a 5-6 anelli nonché la % di IPA a 5-6 anelli rispetto al totale in ciascuna postazione:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
IPA totali [ng/m <sup>3</sup> ]	4.8	9.2	2.6	4.2
IPA 2-4 anelli [ng/m <sup>3</sup> ]	4.2	8.2	2.3	3.6
IPA 5-6 anelli [ng/m <sup>3</sup> ]	0.6	1.0	0.4	0.6
IPA 5-6 anelli [%]	13	11	14	14

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 Poggio Ombriccolo;
- gli IPA pesanti, tra i quali si annoverano composti cancerogeni, rappresentano solo l'11 - 14 % degli IPA totali in tutte le postazioni.

Inoltre, come emerso dalle tabelle precedenti, in nessuna postazione la concentrazione media annuale di benzo(a)pirene ha superato il valore obiettivo della normativa (1 ng/m<sup>3</sup>)

### 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>-</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; Dibenz[a,h]antracene; Benzo[g,h,i]perilene; Dibenz[a,e]pirene;  
Dibenz[a,h]pirene; Dibenz[a,i]pirene; Dibenz[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>(1)</sup> che rimanda al già citato Rapporto ISTISAN 04/15 <sup>(4)</sup>.

#### 3.4.1 Deposizioni atmosferiche umide

Tra gennaio ed dicembre del 2011, si sono avuti complessivamente circa 25 eventi umidi, intesi come un evento di pioggia anche plurigiornaliero avvenuto nel periodo di campionamento. La quantità di precipitazioni, in mm, è indicata nella tabella seguente:

Data inizio	Data fine	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriacolo	Bagni S. Agostino
29/12/2010	04/01/2011	4	4		
04/01/2011	10/01/2011			1	7
10/01/2011	16/01/2011	1	1		
16/01/2011	22/01/2011	11	15	1	13
22/01/2011	28/01/2011	7	14	40	10
28/01/2011	03/02/2011	18	30	7	0
03/02/2011	09/02/2011			25	21
09/02/2011	15/02/2011				
15/02/2011	21/02/2011	47	64	43	57
21/02/2011	27/02/2011				
27/02/2011	05/03/2011	54	71	55	53
05/03/2011	11/03/2011				
11/03/2011	17/03/2011	16	50	31	28
17/03/2011	23/03/2011		2		
23/03/2011	29/03/2011				
29/03/2011	04/04/2011				
04/04/2011	10/04/2011				
10/04/2011	16/04/2011	3	9	5	4
16/04/2011	22/04/2011				
22/04/2011	28/04/2011	11	11	14	14
28/04/2011	04/05/2011	7	4	6	3

<sup>11</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
04/05/2011	10/05/2011				9
10/05/2011	16/05/2011	13	8	8	
16/05/2011	22/05/2011				13
22/05/2011	28/05/2011	24	23	20	
28/05/2011	03/06/2011			5	
03/06/2011	09/06/2011	5	7	9	7
09/06/2011	15/06/2011				
15/06/2011	21/06/2011				
21/06/2011	27/06/2011				
27/06/2011	03/07/2011			20	25
03/07/2011	09/07/2011	16	2		
09/07/2011	15/07/2011				
15/07/2011	21/07/2011				
21/07/2011	27/07/2011				45
27/07/2011	02/08/2011	66	67	96	
02/08/2011	08/08/2011				
08/08/2011	14/08/2011				
14/08/2011	20/08/2011				
20/08/2011	26/08/2011				
26/08/2011	01/09/2011				
01/09/2011	07/09/2011				
07/09/2011	13/09/2011			13	10
13/09/2011	19/09/2011	13	9		
19/09/2011	25/09/2011				
25/09/2011	01/10/2011				
01/10/2011	07/10/2011				
07/10/2011	13/10/2011				
13/10/2011	19/10/2011				
19/10/2011	25/10/2011			25	26
25/10/2011	31/10/2011	12	27	9	14
31/10/2011	06/11/2011	15	18	25	29
06/11/2011	12/11/2011	15	32		
12/11/2011	18/11/2011				
18/11/2011	24/11/2011				
24/11/2011	30/11/2011			24	22
30/11/2011	06/12/2011	16	38	15	57
06/12/2011	12/12/2011	5	21	6	22
12/12/2011	18/12/2011	7	9		
18/12/2011	24/12/2011			11	4
24/12/2011	30/12/2011	4	3		
<b>Totale eventi</b>		24	25	25	24
<b>mm totali</b>		390	539	515	496

Questi eventi sono stati caratterizzati per metalli, specie ioniche e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA). La piovosità complessiva mensile, calcolata dagli eventi di durata settimanale, è riportata nella tabella che segue, sempre espressa in mm di precipitazione; solo nel mese di agosto non si sono avuti eventi umidi.

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Gennaio	41	65	73	52
Febbraio	47	64	43	57
Marzo	71	122	86	81
Aprile	14	19	20	18
Maggio	44	35	40	26
Giugno	5	7	9	7
Luglio	82	70	116	71
Agosto	-	-	-	-
Settembre	13	9	13	10
Ottobre	12	27	25	26
Novembre	30	50	34	43
Dicembre	32	72	56	106

### 3.4.1.1 Metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide

Nelle tabelle che seguono sono riportate le deposizioni totali, per unità di superficie, di metalli pesanti e specie ioniche avvenute mensilmente nelle quattro postazioni. Per il calcolo della deposizione si è utilizzata la metà del limite di rilevabilità strumentale (LdR) nei casi in cui la concentrazione di un analita è risultata inferiore ad esso, attenendosi alle indicazioni del Rapporto ISTISAN 06/38 <sup>(1)</sup> che rimanda al Rapporto ISTISAN 04/15 <sup>(2)</sup>. Per quanto riguarda le specie ioniche, le concentrazioni dei singoli analiti sono risultate inferiori al LdR in casi molto saltuari e i valori riportati si possono considerare rappresentativi delle effettive deposizioni umide. Nel caso dei metalli pesanti, Cu, Mn, Zn e saltuariamente Pb e V sono risultati molto frequentemente superiori al LdR strumentale, mentre le deposizioni di tutti gli altri metalli sono da considerarsi conservative e i loro andamenti riflettono in realtà l'entità dell'evento di pioggia.

Relativamente ai solfati, in fondo a ciascuna tabella sono stati riportati i contributi alla deposizione totale attribuibile ai solfati marini e a quelli non marini <sup>(12)</sup>.

<sup>12</sup> Si è utilizzata la seguente equazione di Brewer (1975):  $[SO_4^{2-} \text{ non marini}] = [SO_4^{2-}]_{\text{tot}} - 0.246 \times [Na^+]$ , già utilizzata in precedenza per i solfati nel PM10

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

Postazione	Mese	Borgo Aurelia											
		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2156	1174	1764	353	935	118	2057	-	320	291	382	802
As	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	184	512	843	54	1.9	0.2	4.1	-	1.6	2.0	2.0	1.6
Be	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2.0	2.3	3.5	0.7	1.9	0.2	4.1	-	0.6	0.6	0.8	1.6
Cd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.0	1.2	1.8	0.4	2.4	0.1	2.1	-	0.3	0.3	0.4	0.8
Co	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.0	1.2	1.8	0.4	1.8	0.1	2.6	-	0.3	0.3	0.4	0.8
Cr	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	20	23	35	7.1	19	2.4	41	-	6.4	5.8	7.6	16
Cu	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	77	101	132	42	17	11	129	-	102	48	122	75
Hg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	9.8	12	18	3.5	6.1	-	17	-	-	2.9	-	8.0
Mn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	211	35	27	37	257	7.5	296	-	55	6.8	65	30
Ni	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	4.8	10	5.3	5.3	13	1.8	29	-	9.5	8.1	11	6.8
Pb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	17	25	22	3.6	21	0.9	29	-	3.0	3.0	3.6	4.4
Pd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2.0	2.3	3.5	0.7	1.9	0.2	4.1	-	0.6	0.6	0.8	1.6
Pt	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	5.7	2.3	3.5	0.7	1.9	0.2	4.1	-	0.6	0.6	0.8	1.6
Rh	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.0	1.2	1.8	0.4	0.9	0.1	2.1	-	0.3	0.3	0.4	0.8
Sb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.0	1.2	1.8	1.2	3.0	0.6	2.1	-	1.5	1.1	1.8	0.8
Se	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2.9	3.5	5.3	1.1	2.8	1.1	6.2	-	2.3	0.9	2.8	2.4
Sn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2.9	3.5	5.3	1.1	2.8	0.4	6.2	-	1.0	0.9	1.1	2.4
Te	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2.9	3.5	5.3	1.1	2.8	0.4	6.2	-	0.3	0.3	0.4	0.8
Ti	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.0	1.2	1.8	0.4	0.9	0.1	2.1	-	0.3	0.3	0.4	0.8
Tl	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	49	59	88	18	47	5.9	463	-	98	153	117	406
V	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.0	1.2	1.8	0.4	0.9	0.1	2.1	-	0.3	0.3	0.4	0.8
Zn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	8.5	25	11	6.6	16	5.6	72	-	24	13	28	18
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> totali	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	1535	538	617	312	812	12	613	-	459	192	549	586
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	57	44	104	24	92	23	139	-	48	46	58	121
Cl <sup>-</sup>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	87	51	61	28	74	15	34	-	56	78	67	79
Ca	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	96	142	249	26	52	15	310	-	74	274	88	788
Na	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	20	17	84	22	87	45	151	-	44	62	52	119
Mg	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	20	17	84	22	87	45	151	-	37	121	44	409
K	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	56	81	138	12	28	8.4	129	-	9.1	19	11	52
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	8.8	11	21	4.3	7.7	3.6	39	-	25	80	30	41
	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	8.5	16	54	13	20	4.5	199	-	1.8	2.7	2.1	4.1
Metalli pesanti totali	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	14	9.6	22	5.9	8.9	1.9	53	-	1.09	0.73	1.30	1.97
Specie ioniche totali	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	4.29	2.53	3.59	0.85	2.17	0.17	3.79	-	294	684	351	1613
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	348	372	732	135	369	117	1055	-	39	17	47	20
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	44	24	70	21	85	21	107	-	9.1	30	11	101

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

Postazione	Mese	Parco Antonelli											
		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1561	1604	3017	483	767	460	1741	-	214	684	805	1793
As	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	182	308	1333	90	1.5	0.3	3.5	-	1.2	1.4	4.6	3.6
Be	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	3.1	3.2	6.0	1.0	1.5	0.3	3.5	-	0.4	1.4	1.6	3.6
Cd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.6	1.6	3.0	0.5	1.5	0.2	1.8	-	0.2	0.7	0.8	1.8
Co	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.6	1.6	3.0	0.5	0.8	0.2	1.9	-	0.2	0.7	0.8	1.8
Cr	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	31	32	60	9.7	15	3.5	35	-	4.3	14	16	36
Cu	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	79	21	46	27	3.8	0.9	44	-	28	18	106	92
Hg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	16	16	30	4.8	7.7	-	17	-	2.1	6.8	8.0	18
Mn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	79	37	30	94	130	5.2	157	-	30	21	113	94
Ni	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	5.3	4.8	9.0	5.4	12	0.5	31	-	8.0	2.1	30	6.3
Pb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	29	32	38	4.0	16	0.8	7.7	-	0.4	1.4	1.6	31
Pd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	3.6	3.2	6.0	1.0	1.5	0.3	3.5	-	0.4	1.4	1.6	31
Pt	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	8.6	3.2	6.0	1.0	1.5	0.3	3.5	-	0.4	1.4	1.6	31
Rh	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.6	1.6	3.0	0.5	0.8	0.2	1.7	-	0.4	1.4	1.6	3.6
Sb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.6	1.6	3.0	0.5	0.8	0.2	1.7	-	0.4	1.4	1.6	3.6
Se	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.6	1.6	3.0	1.1	5.4	0.4	2.5	-	0.2	0.7	0.8	1.8
Sn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	4.7	4.8	9.0	1.4	3.1	0.5	5.2	-	0.9	0.7	3.4	1.8
Ta	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	4.7	4.8	9.0	1.4	2.3	0.5	5.2	-	2.3	2.1	8.7	5.4
Te	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.6	1.6	3.0	0.5	0.8	0.2	1.7	-	0.6	2.1	2.4	5.4
Ti	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	78	80	151	24	38	8.7	87	-	0.2	0.7	0.8	1.8
Tl	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.6	1.6	3.0	0.5	0.8	0.2	1.7	-	42	34	159	162
V	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	11	27	23	4.9	13	7.5	53	-	0.2	0.7	0.8	1.8
Zn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2151	591	1153	664	1054	17	262	-	11	7.5	42	30
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> totali	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	81	63	233	22	97	30	63	-	136	198	513	1312
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	109	66	99	25	56	16	67	-	28	16	105	132
Cl <sup>-</sup>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	155	189	342	23	37	9.1	71	-	21	14	81	91
Ca	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	19	13	221	16	27	39	26	-	36	22	137	628
Na	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	90	107	191	13	23	6.4	42	-	19	17	70	44
Mg	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	12	13	31	2.5	4.2	3.0	5.6	-	20	12	77	326
K	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	8.0	5.8	14	3.1	3.6	1.2	4.9	-	3.2	1.9	12	41
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	21	20	29	7.7	20	3.4	13	-	2.5	1.4	9.4	16
<b>Metalli pesanti totali</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>4.26</b>	<b>2.78</b>	<b>5.94</b>	<b>1.42</b>	<b>2.08</b>	<b>0.51</b>	<b>2.47</b>	-	<b>0.48</b>	<b>1.00</b>	<b>1.82</b>	<b>3.61</b>
<b>Specie ioniche totali</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>494</b>	<b>475</b>	<b>1160</b>	<b>112</b>	<b>268</b>	<b>108</b>	<b>293</b>	-	<b>133</b>	<b>87</b>	<b>500</b>	<b>1295</b>
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	58	37	186	18	91	29	52	-	23	13	86	52
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	22	26	47	3.2	5.7	1.6	10	-	5.0	3.0	19	80

## RAPPORTO

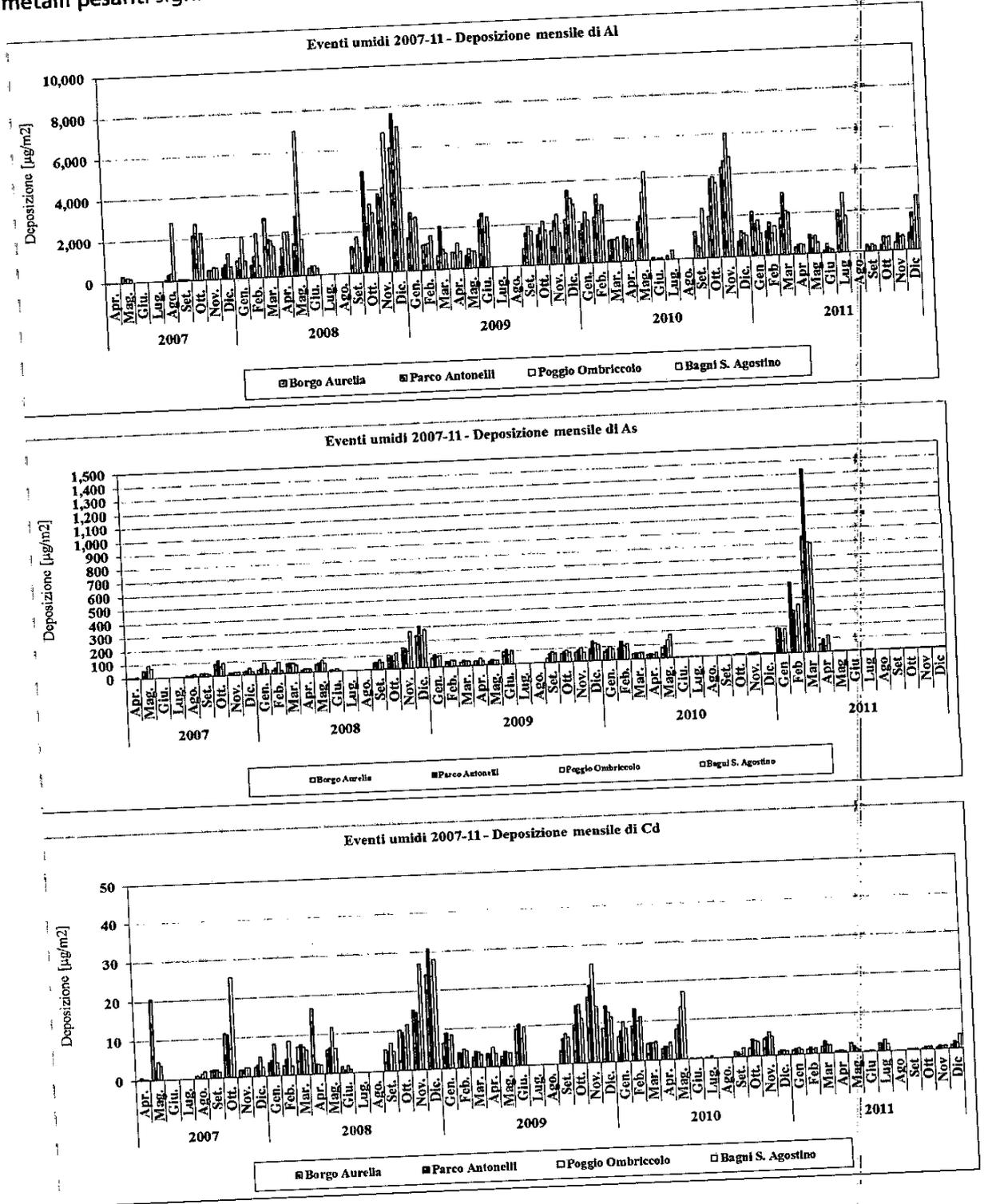
Le deposizioni mensili di metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide della postazione di Poggio Ombriccolo sono riportate nella tabella seguente:

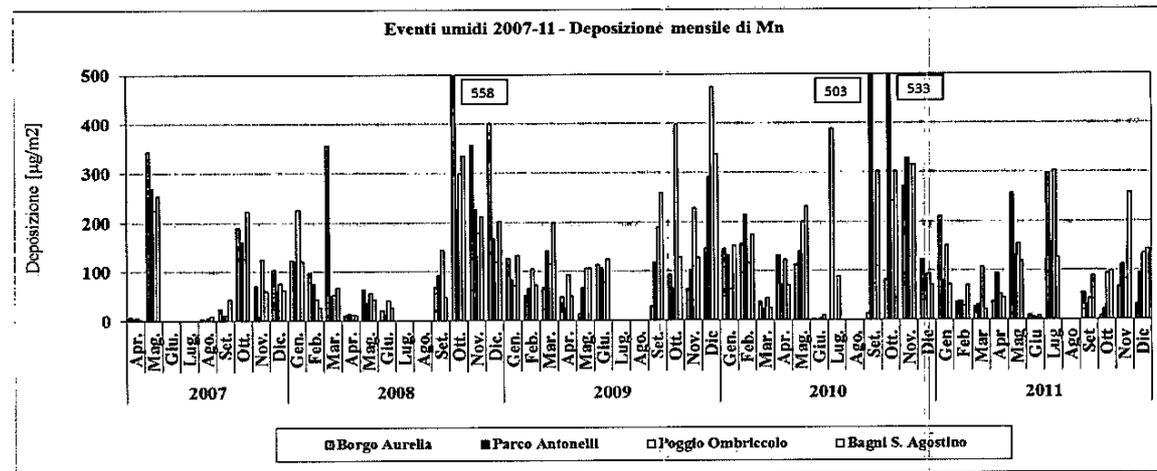
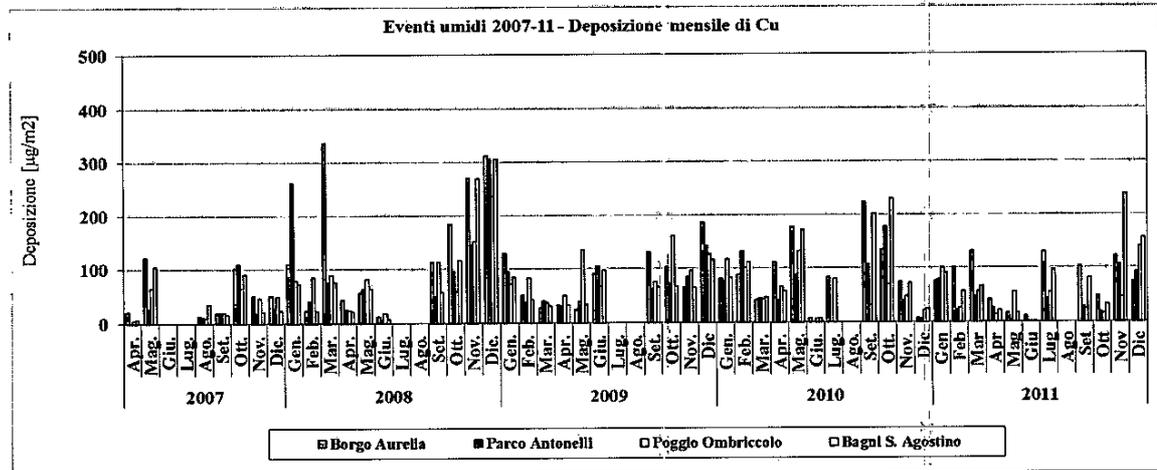
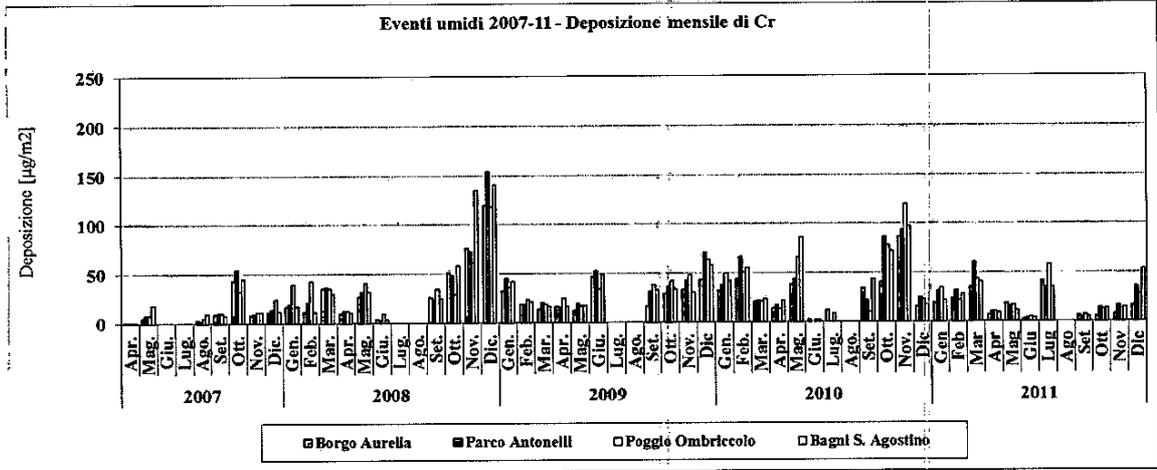
		Poggio Ombriccolo											
Postazione		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Mese													
Al	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1719	1083	2148	492	851	232	2895	-	329	624	636	1399
As	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	89	117	805	42	1.7	0.5	5.8	-	0.7	1.2	1.3	2.8
Be	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	3.4	2.2	4.3	1.0	1.7	0.5	5.8	-	0.7	1.2	1.3	2.8
Cd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.7	1.1	2.1	0.5	0.9	0.2	2.9	-	0.3	0.6	0.6	1.4
Co	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.7	1.1	2.1	0.5	0.9	0.2	2.9	-	0.3	0.6	0.6	1.4
Cr	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	34	22	43	9.8	17	4.6	58	-	6.6	12	13	28
Cu	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	101	26	57	13	56	1.2	54	-	24	16	46	139
Hg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	17	11	21	4.9	7.2	-	24	-	3.3	6.2	6.4	14
Mn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	150	28	107	51	155	2.3	302	-	42	93	81	134
Ni	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	5.2	3.2	6.4	1.5	18	0.7	42	-	11	1.9	21	8.1
Pb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	12	26	26	2.0	61	1.3	45	-	7.9	5.4	15	89
Pd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	3.4	2.2	4.3	1.0	1.7	0.5	5.8	-	0.7	1.2	1.3	2.8
Pt	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	3.4	2.2	4.3	1.0	1.7	0.5	5.8	-	0.7	1.2	1.3	2.8
Rh	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	11	2.2	4.3	1.0	1.7	0.5	5.8	-	0.3	0.6	0.6	1.4
Sb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.7	1.1	2.1	0.5	0.9	0.2	2.9	-	1.0	0.6	1.9	2.1
Se	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.7	1.1	2.1	1.2	6.9	0.2	10.5	-	1.0	0.6	1.9	4.2
Sn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.7	1.1	2.1	1.2	6.9	0.2	10.5	-	1.0	1.9	1.9	4.2
Te	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	5.2	3.2	6.4	1.5	2.6	0.7	8.7	-	1.0	1.9	1.9	4.2
Ti	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	5.2	3.2	6.4	1.5	2.6	0.7	8.7	-	1.0	1.9	1.9	4.2
Tl	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	5.2	3.2	6.4	1.5	2.6	0.7	8.7	-	0.3	0.6	0.6	1.4
V	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	5.2	3.2	6.4	1.5	2.6	0.7	8.7	-	0.3	0.6	0.6	1.4
Zn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.7	1.1	2.1	0.5	0.9	0.2	2.9	-	16	31	32	92
SO <sub>4</sub> totali	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	1.7	1.1	2.1	0.5	0.9	0.2	2.9	-	86	54	107	25
NO <sub>3</sub> -	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	86	54	107	25	43	12	145	-	0.3	0.6	0.6	1.4
Cl-	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	1.7	1.1	2.1	0.5	0.9	0.2	2.9	-	17	6.3	32	27
Ca	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	14	16	16	3.9	15	5.8	68	-	17	6.3	32	27
Na	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	14	16	16	3.9	15	5.8	68	-	17	6.3	32	27
Mg	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	14	16	16	3.9	15	5.8	68	-	17	6.3	32	27
K	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	2482	820	1081	209	1159	23	2259	-	806	182	1556	2105
NH <sub>4</sub> +	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	73	16	96	21	67	28	84	-	101	12	32	123
Metalli pesanti totali	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	95	21	64	24	46	16	88	-	42	7.7	13	83
Specie ioniche totali	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	71	35	168	15	12	11	50	-	38	19	12	618
SO <sub>4</sub> non marini	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	23	3.0	74	12	20	33	30	-	11	3.1	3.4	33
SO <sub>4</sub> marini	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	42	20	95	9.2	7.7	6.4	32	-	20	11	6	326
	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	7.1	2.5	14	1.9	2.0	2.8	6.5	-	3.0	1.4	1.0	39
	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	4.9	1.3	6.9	1.5	2.2	1.3	6.1	-	4.3	1.2	1.4	15
	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	19	5.5	17	9.2	17	3.7	28	-	25	2.3	7.8	15
	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	4.75	2.23	4.46	0.86	2.40	0.29	5.96	-	1.27	0.99	2.45	4.06
	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	334	104	536	93	174	102	326	-	245	59	77	1252
	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	63	11	73	18	65	27	76	-	96	9.7	30	43
	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	10	5.0	23	2.3	1.9	1.6	8.0	-	5.0	2.7	1.6	80

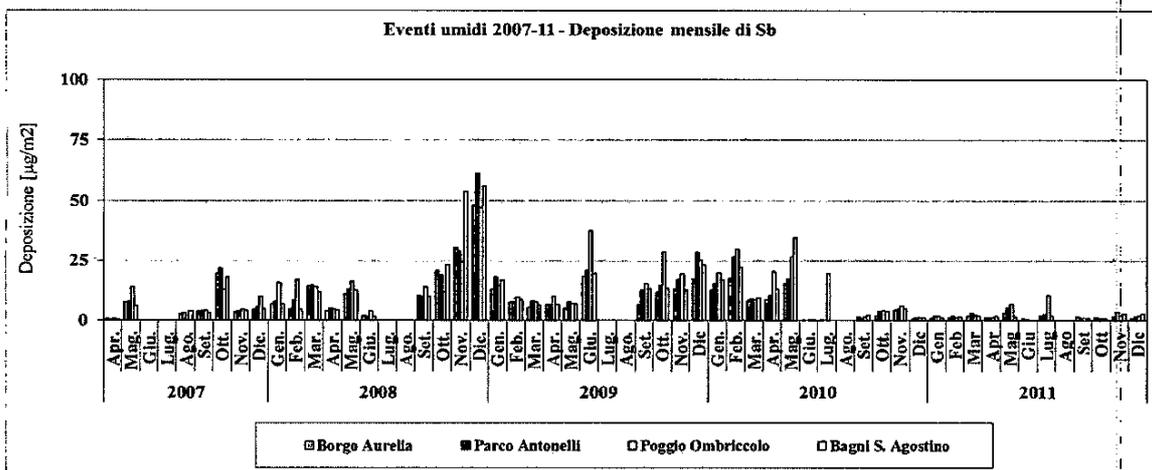
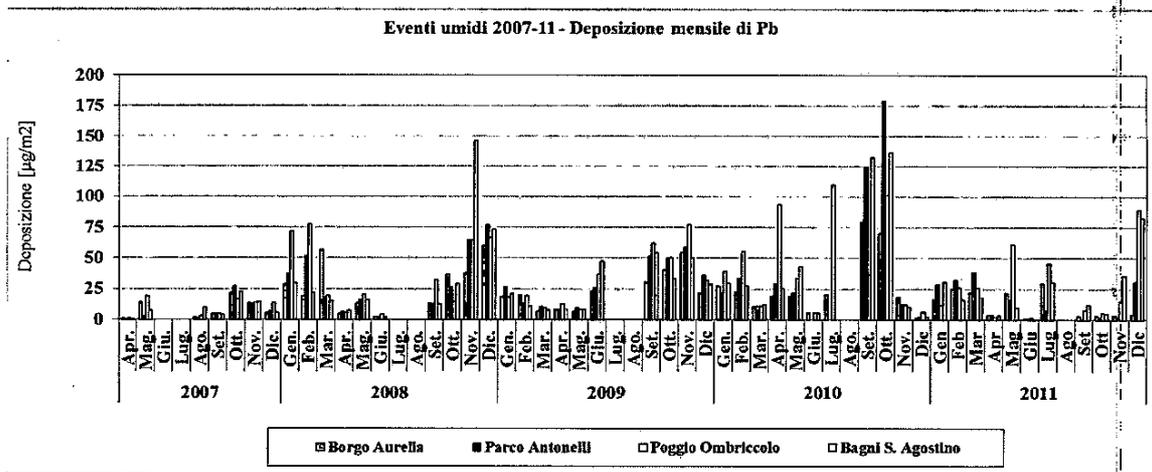
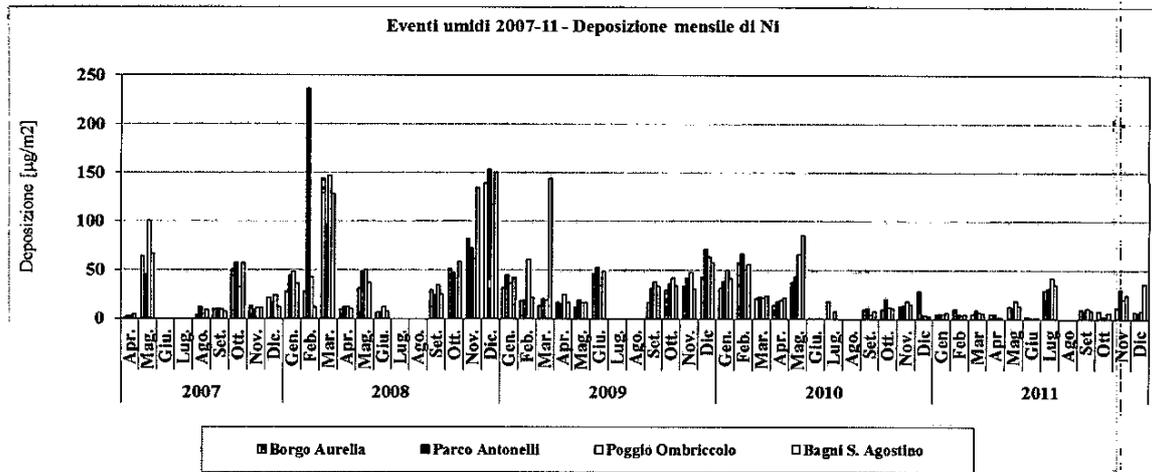
Le deposizioni mensili di metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide della postazione di Bagni S. Agostino sono riportate di seguito:

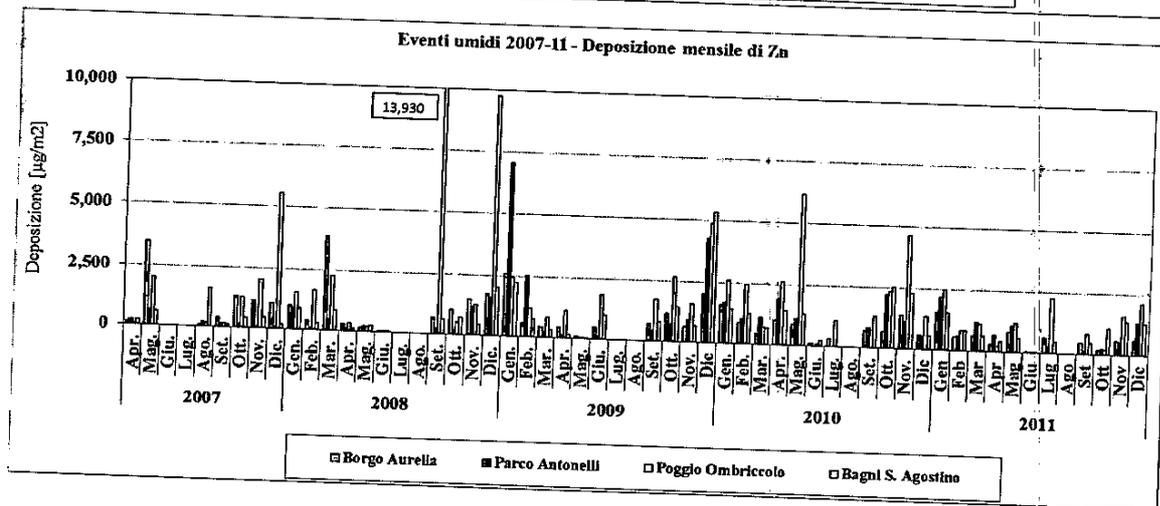
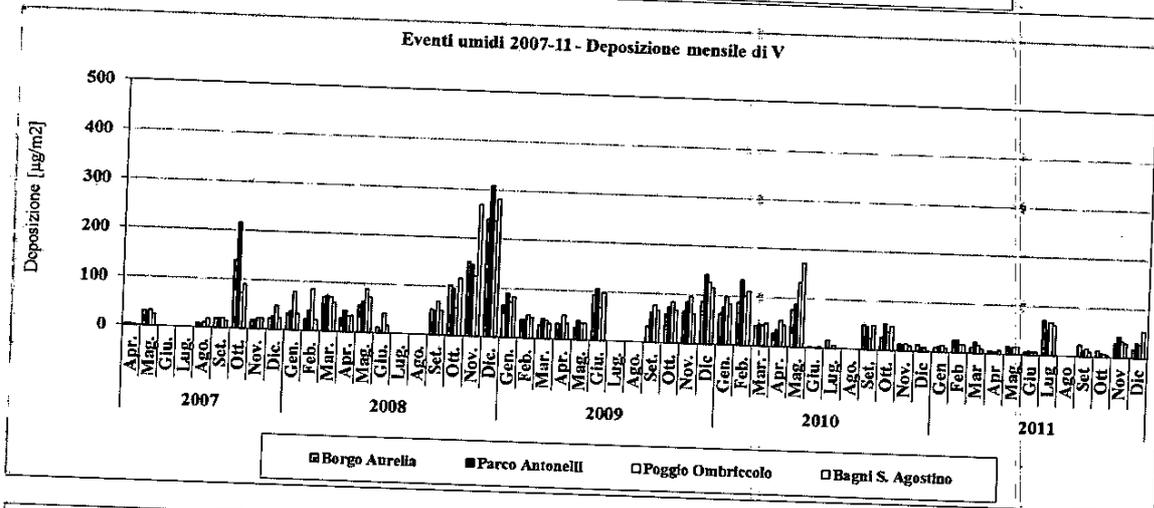
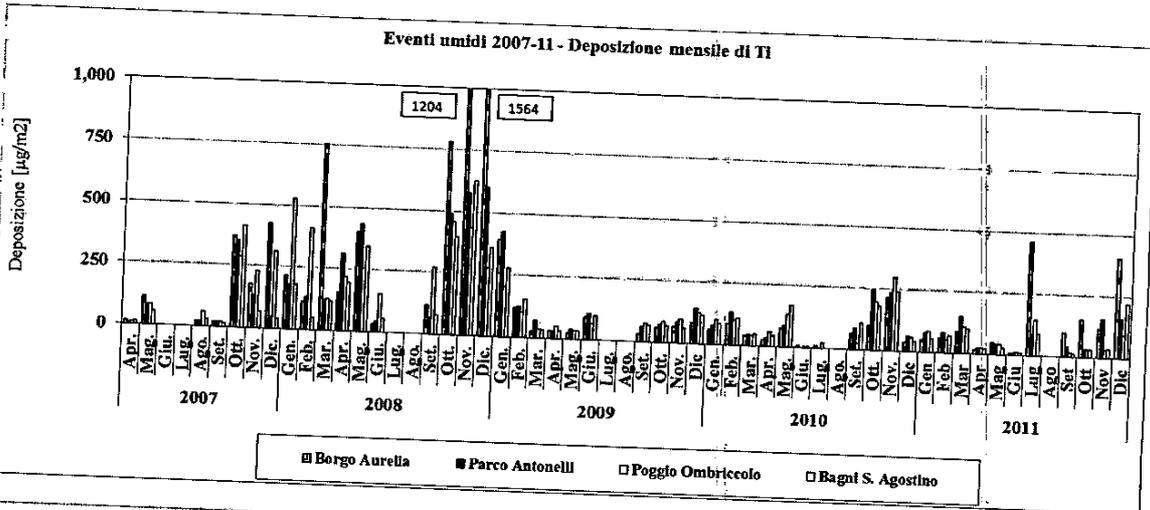
Postazione	Mese	Bagni S. Agostino											
		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1095	1416	2027	457	558	172	1763	-	247	660	725	2652
As	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	179	352	796	118	1.1	0.3	3.5	-	1.2	1.3	3.4	5.3
Be	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2.2	2.8	4.1	0.9	1.1	0.3	3.5	-	0.5	1.3	1.5	5.3
Cd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.1	1.4	2.0	0.5	0.6	0.2	1.8	-	0.2	0.7	0.7	3.7
Co	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.1	1.4	2.0	0.5	1.3	0.2	1.8	-	0.7	0.7	2.1	2.7
Cr	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	22	28	41	9.1	11	3.4	35	-	4.9	13	15	53
Cu	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	91	57	67	22	17	0.9	97	-	81	33	238	156
Hg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	11	14	20	4.6	5.6	-	11	-	2.5	6.6	7.3	27
Mn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	72	69	20	44	118	6.0	126	-	88	98	258	144
Ni	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	6.5	4.2	6.1	1.4	13	1.3	35	-	8.3	6.3	24	36
Pb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	31	16	18	3.2	10	0.3	30	-	12	5.0	35	83
Pd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2.8	2.8	4.1	0.9	1.1	0.3	3.5	-	0.5	1.3	1.5	5.3
Pt	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	6.1	2.8	4.1	0.9	1.1	0.3	3.5	-	0.5	1.3	1.5	5.3
Rh	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.1	1.4	2.0	0.5	0.6	0.2	1.8	-	0.2	0.7	0.7	2.7
Sb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.1	1.4	2.0	1.8	1.4	0.2	1.8	-	0.9	0.7	2.8	2.7
Se	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	3.3	4.2	6.1	1.4	1.7	1.2	5.3	-	1.7	2.0	5.1	8.0
Sn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	3.3	4.2	6.1	1.4	1.7	0.5	5.3	-	0.7	2.0	2.2	8.0
Te	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.1	1.4	2.0	0.5	0.6	0.2	1.8	-	0.2	0.7	0.7	2.7
Ti	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	55	71	101	23	28	9	88	-	12	33	36	221
Tl	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.1	1.4	2.0	0.5	0.6	0.2	1.8	-	0.2	0.7	0.7	2.7
V	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	7.5	16	8.7	7.3	15	6	62	-	9.6	3.5	28	54
Zn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1520	816	614	412	565	17	463	-	459	1055	1350	1292
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> totali	[mg/m <sup>2</sup> ]	56	58	138	41	64	28	115	-	39	12	114	208
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[mg/m <sup>2</sup> ]	81	51	67	30	44	15	86	-	20	12	59	135
Cl <sup>-</sup>	[mg/m <sup>2</sup> ]	90	194	203	21	31	11	68	-	54	23	158	1125
Ca	[mg/m <sup>2</sup> ]	19	13	118	26	18	37	25	-	11	6.6	33	50
Na	[mg/m <sup>2</sup> ]	51	110	112	12	17	6.2	41	-	30	13	88	574
Mg	[mg/m <sup>2</sup> ]	7.2	13	18	2.9	3.0	3.0	5.6	-	3.9	1.9	12	71
K	[mg/m <sup>2</sup> ]	5.8	7.7	10	1.9	3.1	1.6	5.1	-	2.3	1.3	6.6	26
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[mg/m <sup>2</sup> ]	16	16	21	11	14	2.3	31	-	4.4	1.8	13	26
<b>Metalli pesanti totali</b>	[mg/m <sup>2</sup> ]	<b>3.11</b>	<b>2.89</b>	<b>3.76</b>	<b>1.11</b>	<b>1.35</b>	<b>0.22</b>	<b>2.75</b>	-	<b>0.93</b>	<b>1.93</b>	<b>2.74</b>	<b>4.77</b>
<b>Specie ioniche totali</b>	[mg/m <sup>2</sup> ]	<b>325</b>	<b>462</b>	<b>686</b>	<b>146</b>	<b>195</b>	<b>104</b>	<b>378</b>	-	<b>164</b>	<b>72</b>	<b>482</b>	<b>2215</b>
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	[mg/m <sup>2</sup> ]	43	31	111	38	60	27	105	-	31	8.8	92	67
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	[mg/m <sup>2</sup> ]	13	27	27	2.9	4.3	1.5	10	-	7.3	3.1	22	141

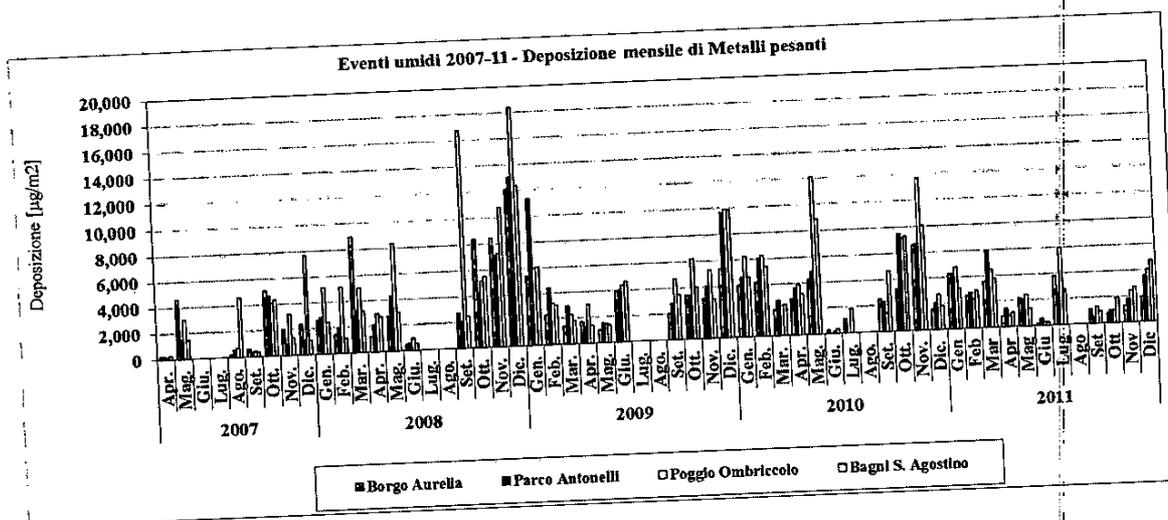
Nelle figure che seguono, sono confrontati gli andamenti delle deposizioni mensili di metalli pesanti significativi nelle deposizioni umide del 2011 con quelle del 2007-10:







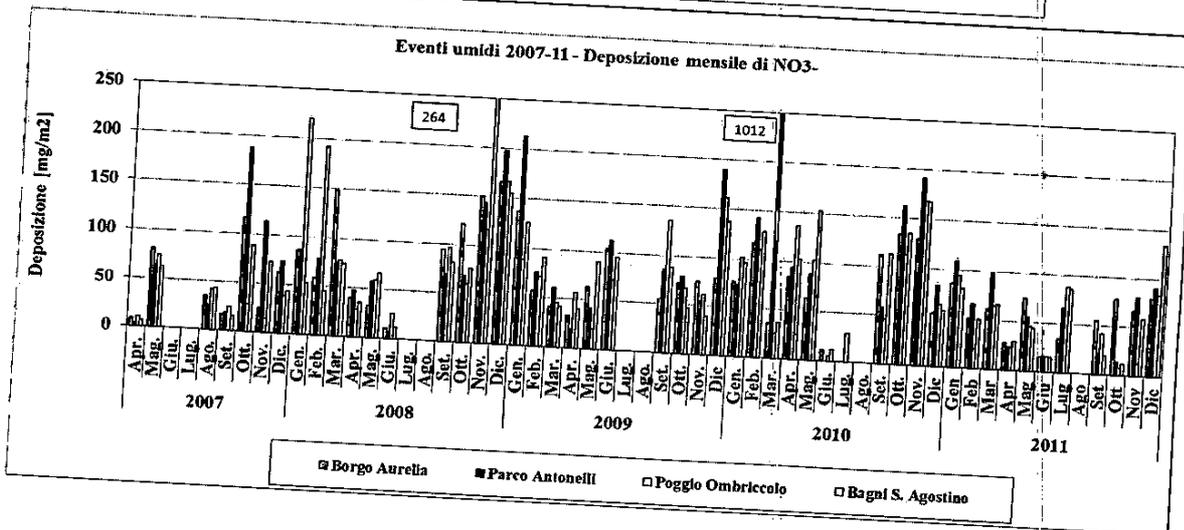
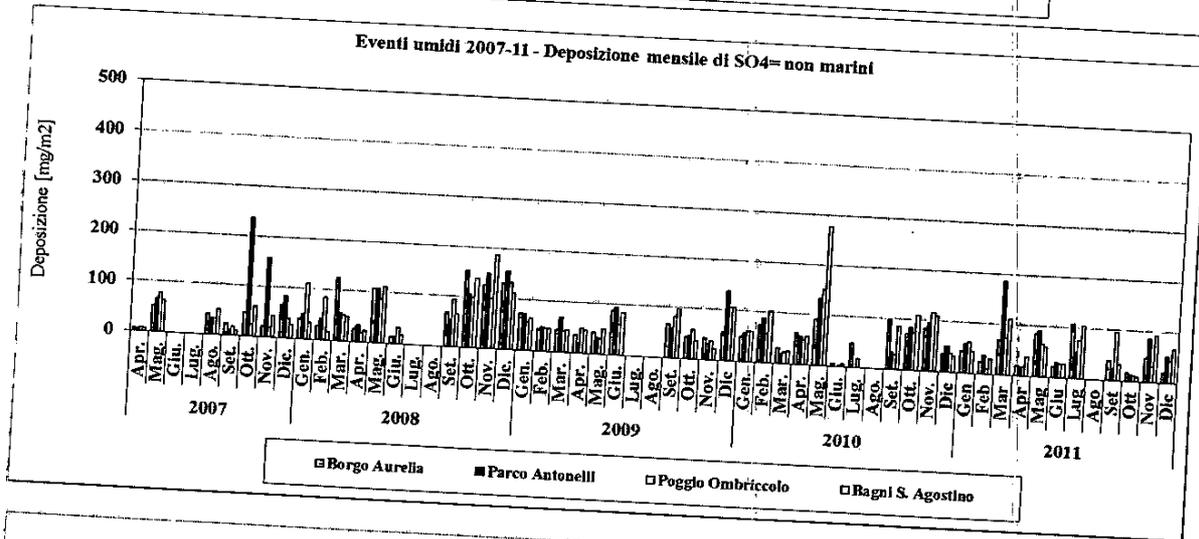
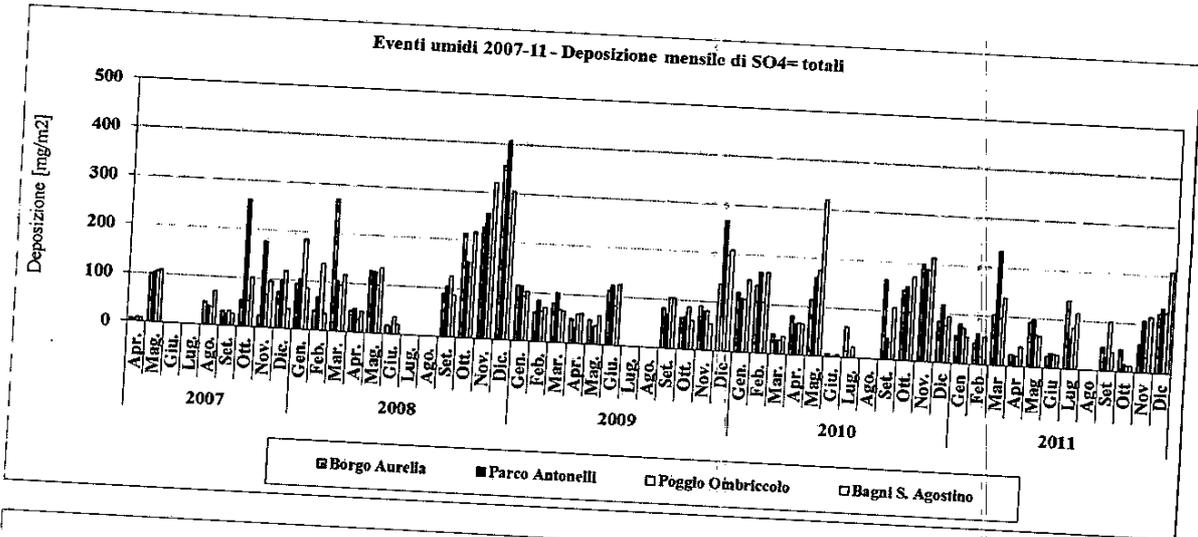




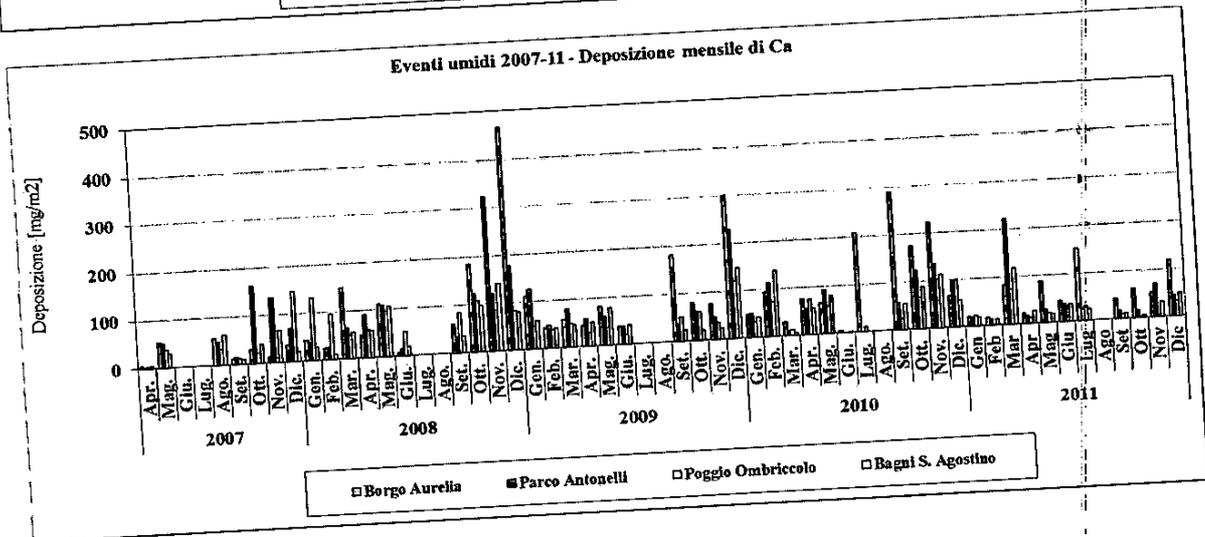
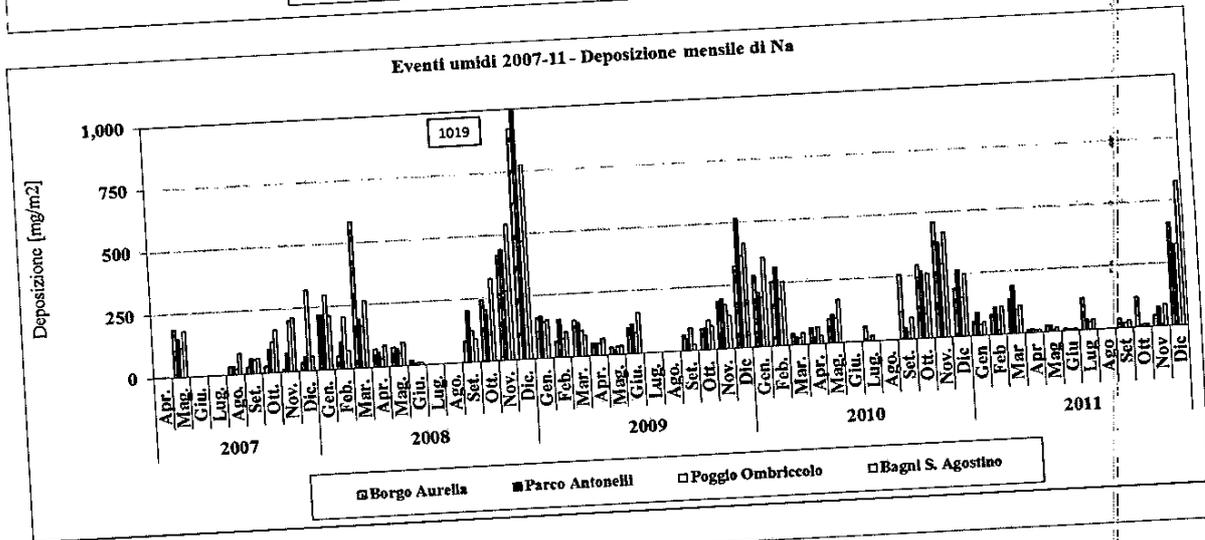
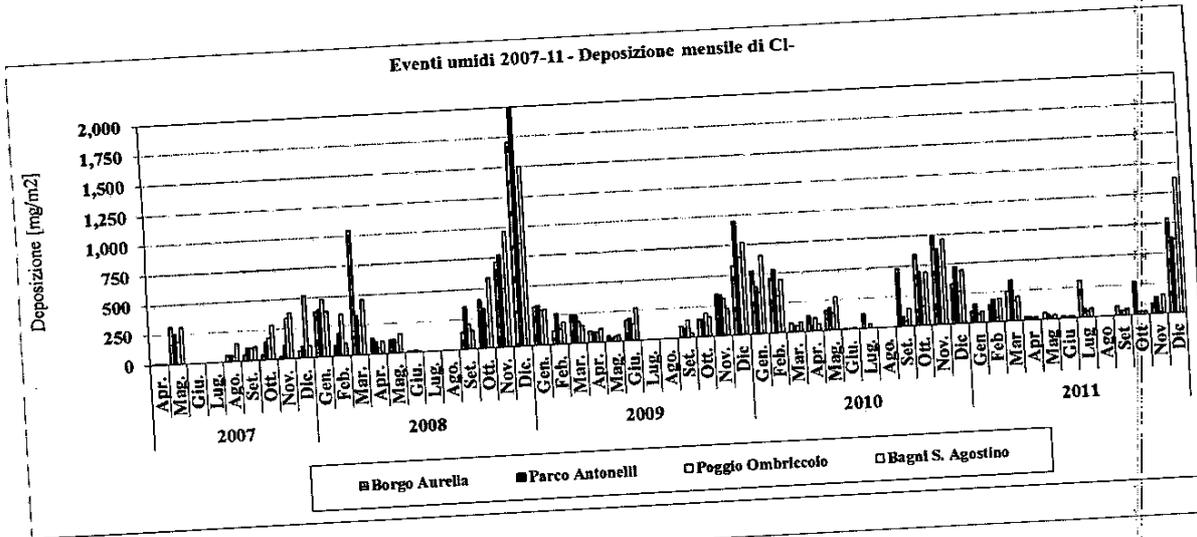
Facendo riferimento alle tabelle e figure precedenti, si possono fare alcune considerazioni:

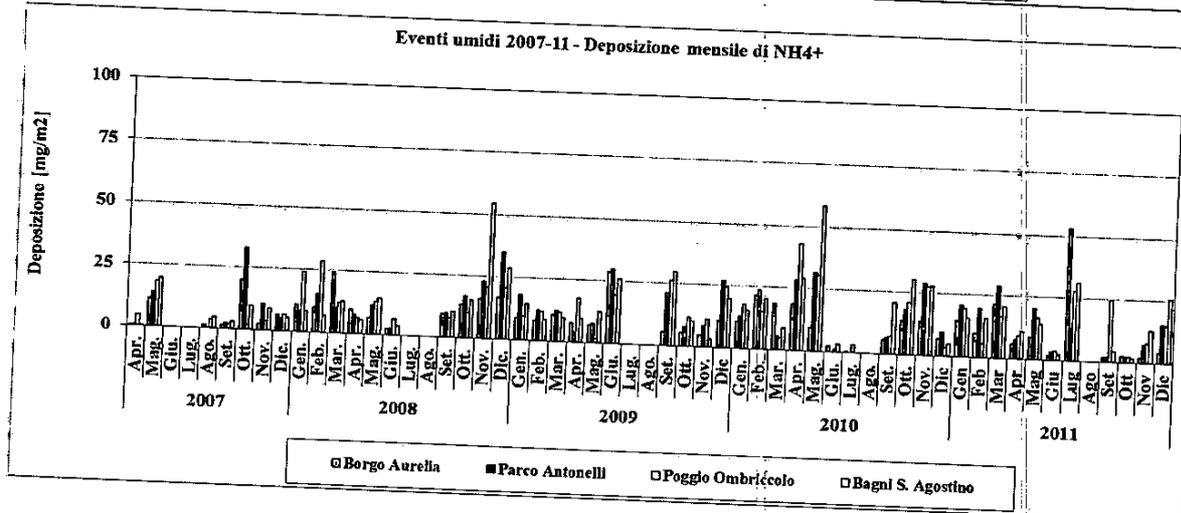
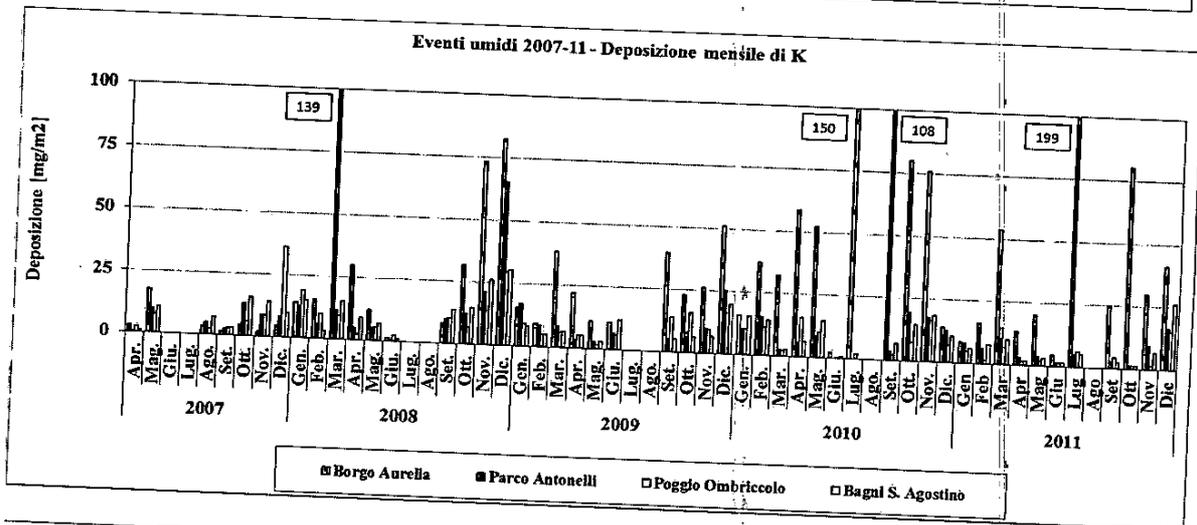
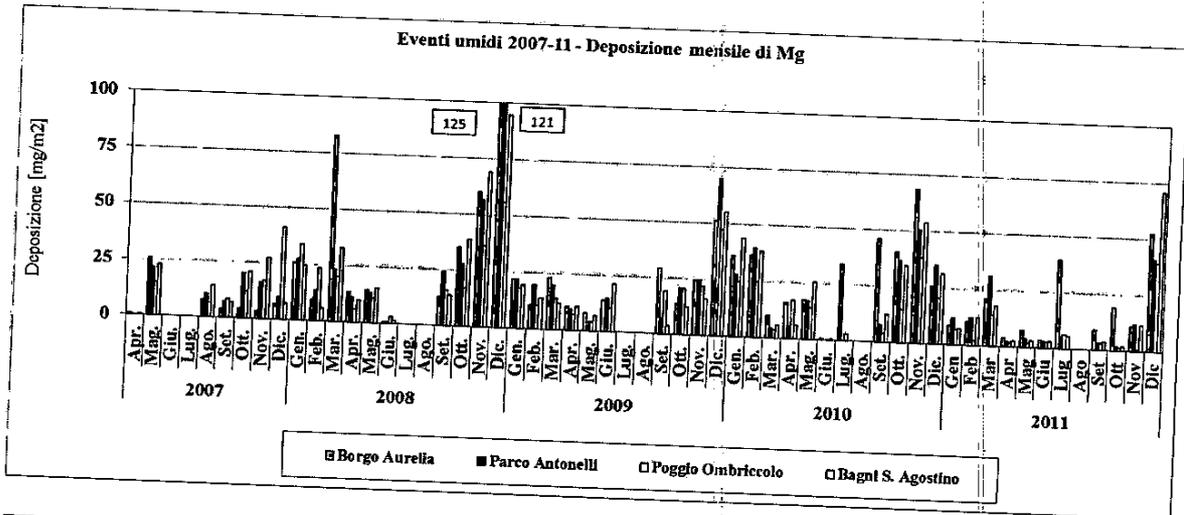
- il maggiore apporto di metalli totali da deposizioni umide si è avuto in gennaio a Borgo Aurelia, in marzo a Parco Antonelli, in luglio a Poggio Ombriccolo e in dicembre a Bagni S. Agostino;
- nei primi mesi dell'anno 2011 si è avuto un forte aumento della concentrazione di As in tutte le quattro postazioni, con un valore massimo di oltre  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a Parco Antonelli in marzo. Successivamente, la concentrazione di As è ritornata ai livelli consueti riscontrati nel comprensorio di Civitavecchia;
- in tutte le postazioni si sono avute concentrazioni medie mensili di Cd, Ni, Pb, Sb e V decisamente inferiori a quelle degli anni precedenti pur con elevata variabilità da un mese all'altro;
- l'andamento delle concentrazioni medie di Cr e Cu sono simili a quelle dell'anno precedente, con valori di concentrazione lievemente superiori nei mesi invernali;
- per quanto riguarda il Mn, si nota una diminuzione dei valori di "picco" che avvenivano soprattutto nei mesi invernali con concentrazioni medie mensili anche molto elevate.

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



## RAPPORTO





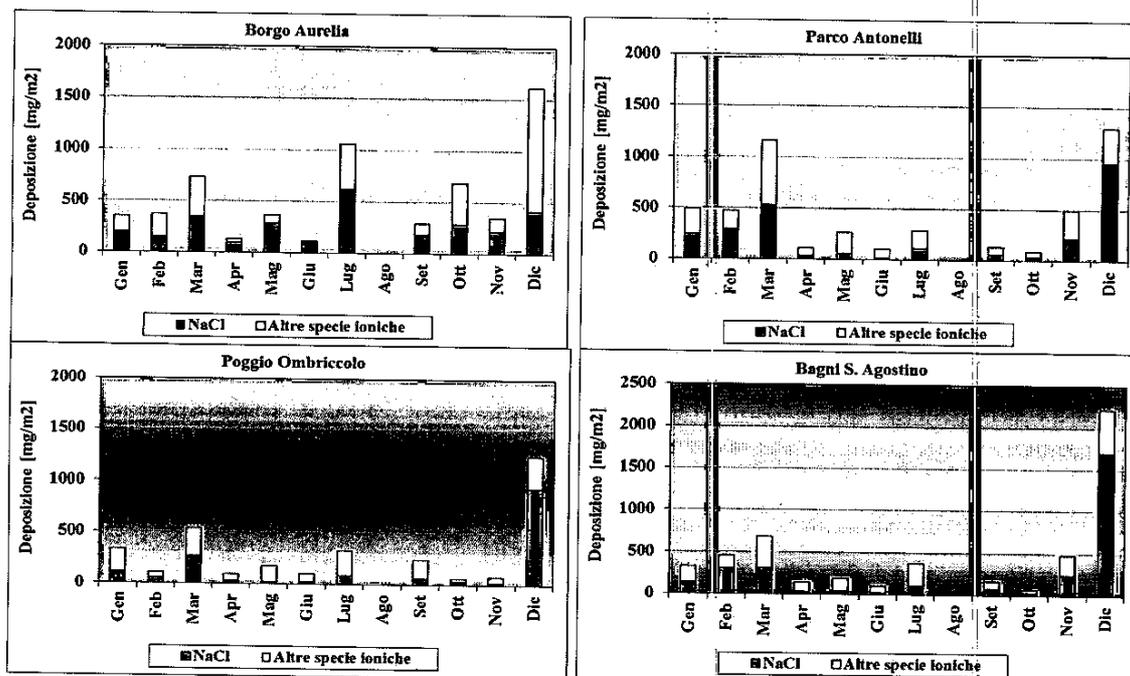
Nel 2011, sodio e cloruri, cioè i principali componenti dello spray marino, sono ancora le specie ioniche depositate maggiormente in tutte le postazioni, con valori particolarmente elevati in dicembre probabilmente a causa di forti mareggiate. Nella postazione di Borgo Aurelia sono avvenuti ancora episodi di elevate deposizioni di K e in parte di Mg, come già avvenuto in passato. Da segnalare, infine, una elevata deposizione di ammonio in luglio nelle postazioni di Borgo Aurelia, Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino. Complessivamente, risalta ancora una volta l'elevata deposizione di sali marini che rappresentano di gran lunga la specie in assoluto più abbondante depositata dagli eventi umidi; 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	29/12/10	04/01/11	0.52
Parco Antonelli	29/12/10	04/01/11	0.57
Poggio Ombriccolo	29/12/10	04/01/11	0.51
Bagni S. Agostino	-	-	-
Borgo Aurelia	16/01/11	22/01/11	0.65
Parco Antonelli	16/01/11	22/01/11	0.59
Poggio Ombriccolo	16/01/11	22/01/11	0.62
Bagni S. Agostino	16/01/11	22/01/11	0.58
Borgo Aurelia	22/01/11	28/01/11	0.55
Parco Antonelli	22/01/11	28/01/11	0.56
Poggio Ombriccolo	22/01/11	28/01/11	0.55
Bagni S. Agostino	22/01/11	28/01/11	0.56
Borgo Aurelia	28/01/11	03/02/11	0.57
Parco Antonelli	28/01/11	03/02/11	0.59
Poggio Ombriccolo	28/01/11	03/02/11	0.58
Bagni S. Agostino	28/01/11	03/02/11	0.58
Borgo Aurelia	15/02/11	21/02/11	0.57
Parco Antonelli	15/02/11	21/02/11	0.57
Poggio Ombriccolo	15/02/11	21/02/11	0.57
Bagni S. Agostino	15/02/11	21/02/11	0.57
Borgo Aurelia	27/02/11	05/03/11	0.57
Parco Antonelli	27/02/11	05/03/11	0.56
Poggio Ombriccolo	27/02/11	05/03/11	0.57
Bagni S. Agostino	27/02/11	05/03/11	0.55
Borgo Aurelia	11/03/11	17/03/11	0.54
Parco Antonelli	11/03/11	17/03/11	0.56
Poggio Ombriccolo	11/03/11	17/03/11	0.56
Bagni S. Agostino	11/03/11	17/03/11	0.54
Borgo Aurelia	10/04/11	16/04/11	0.47
Parco Antonelli	10/04/11	16/04/11	0.56
Poggio Ombriccolo	10/04/11	16/04/11	0.60
Bagni S. Agostino	10/04/11	16/04/11	0.59
Borgo Aurelia	22/04/11	28/04/11	0.45
Parco Antonelli	22/04/11	28/04/11	0.55
Poggio Ombriccolo	22/04/11	28/04/11	0.58
Bagni S. Agostino	22/04/11	28/04/11	0.55
Borgo Aurelia	10/05/11	16/05/11	0.54
Parco Antonelli	10/05/11	16/05/11	0.60
Poggio Ombriccolo	10/05/11	16/05/11	0.61
Bagni S. Agostino	10/05/11	16/05/11	0.59
Borgo Aurelia	22/05/11	28/05/11	0.51
Parco Antonelli	22/05/11	28/05/11	0.96
Poggio Ombriccolo	22/05/11	28/05/11	0.44
Bagni S. Agostino	22/05/11	28/05/11	0.52

Postazione	Data Inizio	Data Fine	Na/Cl mass ratio
Borgo Aurelia	-	-	-
Parco Antonelli	-	-	-
Poggio Ombriccolo	28/05/11	03/06/11	0.82
Bagni S. Agostino	-	-	-
Borgo Aurelia	03/06/11	09/06/11	0.56
Parco Antonelli	03/06/11	09/06/11	0.70
Poggio Ombriccolo	03/06/11	09/06/11	0.59
Bagni S. Agostino	03/06/11	09/06/11	0.59
Borgo Aurelia	03/07/11	09/07/11	0.67
Parco Antonelli	03/07/11	09/07/11	0.69
Poggio Ombriccolo	03/07/11	09/07/11	0.79
Bagni S. Agostino	03/07/11	09/07/11	0.67
Borgo Aurelia	27/07/11	02/08/11	0.40
Parco Antonelli	27/07/11	02/08/11	0.57
Poggio Ombriccolo	27/07/11	02/08/11	0.59
Bagni S. Agostino	27/07/11	02/08/11	0.57
Borgo Aurelia	13/09/11	19/09/11	0.51
Parco Antonelli	13/09/11	19/09/11	0.56
Poggio Ombriccolo	13/09/11	19/09/11	0.53
Bagni S. Agostino	13/09/11	19/09/11	0.56
Borgo Aurelia	25/10/11	31/10/11	0.44
Parco Antonelli	25/10/11	31/10/11	0.55
Poggio Ombriccolo	25/10/11	31/10/11	0.57
Bagni S. Agostino	25/10/11	31/10/11	0.55
Borgo Aurelia	31/10/11	06/11/11	0.40
Parco Antonelli	31/10/11	06/11/11	0.57
Poggio Ombriccolo	31/10/11	06/11/11	0.59
Bagni S. Agostino	31/10/11	06/11/11	0.57
Borgo Aurelia	06/11/11	12/11/11	0.51
Parco Antonelli	06/11/11	12/11/11	0.56
Poggio Ombriccolo	06/11/11	12/11/11	0.53
Bagni S. Agostino	06/11/11	12/11/11	0.56
Borgo Aurelia	30/11/11	06/12/11	0.55
Parco Antonelli	30/11/11	06/12/11	0.57
Poggio Ombriccolo	30/11/11	06/12/11	0.54
Bagni S. Agostino	30/11/11	06/12/11	0.55
Borgo Aurelia	06/12/11	12/12/11	0.49
Parco Antonelli	06/12/11	12/12/11	0.54
Poggio Ombriccolo	06/12/11	12/12/11	0.55
Bagni S. Agostino	06/12/11	12/12/11	0.59
Borgo Aurelia	12/12/11	18/12/11	0.52
Parco Antonelli	12/12/11	18/12/11	0.51
Poggio Ombriccolo	12/12/11	18/12/11	0.50
Bagni S. Agostino	12/12/11	18/12/11	0.50

Postazione	Data Inizio	Data Fine	Na/Cl mass ratio
Borgo Aurelia	24/12/11	30/12/11	0.49
Parco Antonelli	24/12/11	30/12/11	0.53
Poggio Ombriccolo	24/12/11	30/12/11	0.54
Bagni S. Agostino	24/12/11	30/12/11	0.55

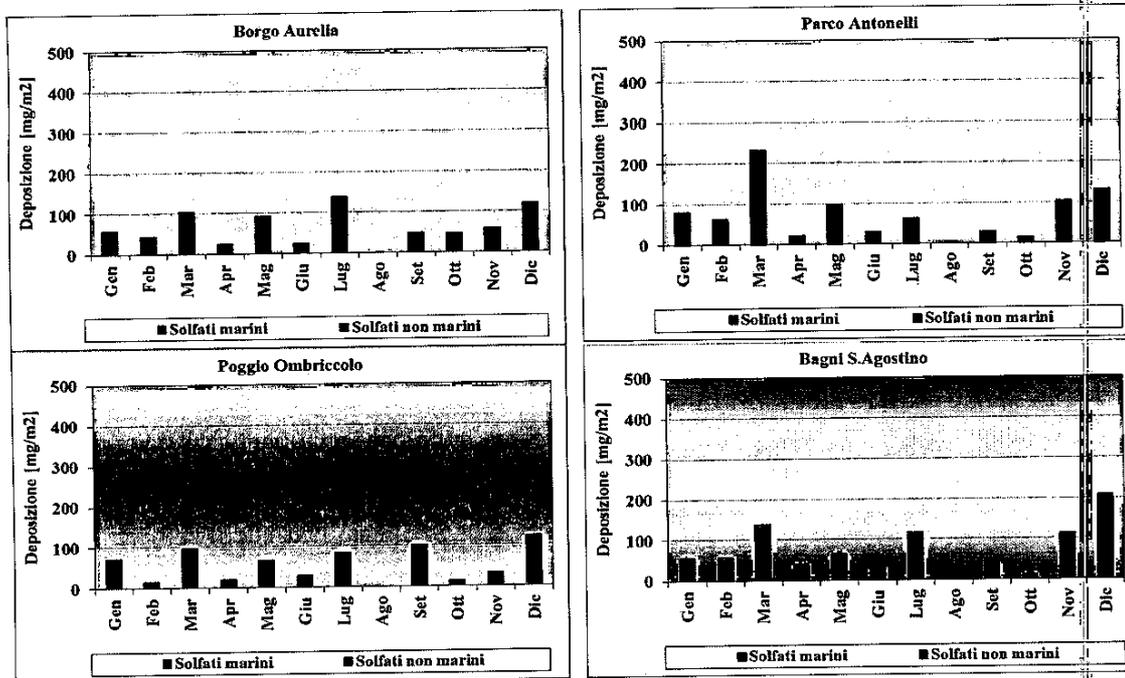
Nella tabella precedente, sono stati evidenziati con sfondo azzurro i campioni in cui il rapporto Na/Cl rimane compreso entro  $\pm$  il 10% del rapporto nell'acqua di mare. Questi campioni possono essere considerati influenzati da masse di aria marina di origine molto recente. E' noto dalla letteratura <sup>(13)</sup> che masse di aria marina meno recenti subiscono un progressivo impoverimento del contenuto di Cl<sup>-</sup> a causa della reazione con HNO<sub>3</sub> che porta alla formazione di HCL, il quale si volatilizza. La conseguenza è che nelle precipitazioni umide si può avere un rapporto Na/Cl anche maggiore di 0,56. Pur adottando il criterio di identificazione più restrittivo, la presenza di cloruro di sodio nella maggior parte dei campioni è molto evidente. A riprova di ciò, negli istogrammi delle figure seguenti sono state evidenziate in azzurro le deposizioni di NaCl e in giallo quelle di tutte le altre specie ioniche.



Nel 2011, le deposizioni di specie ioniche sono state quindi ancora fortemente influenzate da quelle di origine marina e il solo NaCl ha rappresentato, a seconda del mese e della postazione, da un minimo di 12% ad un massimo del 77% delle specie ioniche totali depositate. 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

<sup>13</sup> D. Moller (1990), Tellus B 42, 254-262

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 7-83% dei solfati totali a Borgo Aurelia, per il 6-61% a Parco Antonelli, per il 3-65% a Poggio Ombriccolo e per il 5-68% a Bagni S. Agostino. Si noti anche che la postazione più lontana dalla costa (Poggio Ombriccolo) ha subito apporti di solfati marini e che i maggiori apporti si sono avuti in dicembre.

Nella tabella che segue sono riassunte le deposizioni totali di metalli pesanti e specie ioniche avvenute tra gennaio e dicembre 2011 e dovute alle precipitazioni umide.

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Data Inizio		29/12/2010	29/12/2010	29/12/2010	29/12/2010
Data Fine		30/12/2011	30/12/2011	30/12/2011	30/12/2011
Al	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	10352	13128	12406	11772
As	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1607	1930	1066	1461
Be	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	18	26	25	24
Cd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	11	14	12	13
Co	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	11	13	12	14
Cr	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	184	257	248	235
Cu	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	856	466	533	859
Hg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	76	126	115	110
Mn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1027	789	1147	1043
Ni	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	105	114	119	143
Pb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	133	162	291	245
Pd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	18	26	25	24
Pt	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	22	31	32	27
Rh	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	9.2	13	12	12
Sb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	16	22	29	17
Se	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	31	47	37	40
Sn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	28	39	37	35
Te	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	9.2	13	12	12
Ti	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1504	864	642	677
Tl	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	9.2	13	12	12
V	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	226	229	220	218
Zn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	6224	8050	12681	8564
SO <sub>4</sub>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	755'721	869'090	653'163	872'703
NO <sub>3</sub>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	629'340	644'521	499'799	600'196
Cl	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2'112'493	1'651'560	1'050'539	1'976'041
Ca	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	704'150	511'503	244'514	357'502
Na	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1'062'614	908'258	576'673	1'053'654
Mg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	187'341	128'769	81'563	140'653
K	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	491'417	70'598	46'125	71'561
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	126'035	140'811	148'869	155'774
Metalli pesanti totali	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	22	26	30	26
Specie ioniche totali	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	6069	4925	3301	5228
SO <sub>4</sub> non marini	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	494	646	511	614
SO <sub>4</sub> marini	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	261	223	142	259
NaCl	[ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	3175	2560	1627	3030

Le deposizioni totali di metalli e specie ioniche sono rimaste comprese tra i 22 – 30  $\text{mg}/\text{m}^2$  di metalli e 3.3 – 6.1  $\text{g}/\text{m}^2$  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 1.6 – 3.2  $\text{g}/\text{m}^2$  depositati, cui si aggiungono 0.6 – 0.9  $\text{g}/\text{m}^2$  di solfati totali, 0.5 – 0.6  $\text{g}/\text{m}^2$  di nitrati e 0.2 – 0.7  $\text{g}/\text{m}^2$  di calcio.

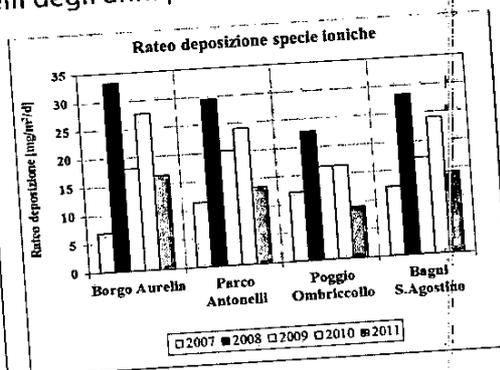
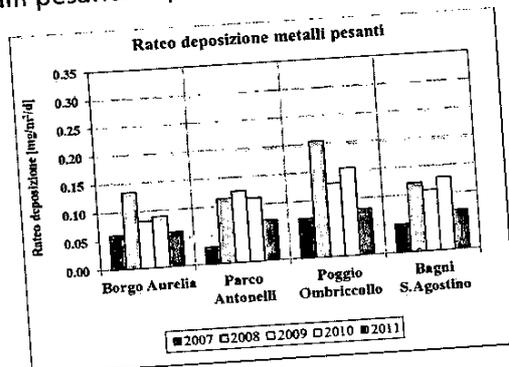
Nella tabella che segue, è riportato infine il rateo di deposizione giornaliero da deposizioni umide di ciascun metallo pesante e specie ionica, espresso in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$  o  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ , calcolato per il periodo da gennaio a dicembre:

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Al	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	28	36	34	32
As	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	4.4	5.3	2.9	4.0
Be	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.05	0.07	0.07	0.06
Cd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.03	0.04	0.03	0.03
Co	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.03	0.04	0.03	0.04
Cr	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.50	0.70	0.68	0.64
Cu	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	2.3	1.3	1.5	2.3
Hg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.21	0.34	0.32	0.30
Mn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	2.8	2.2	3.1	2.8
Ni	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.29	0.31	0.33	0.39
Pb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.36	0.44	0.80	0.67
Pd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.05	0.07	0.07	0.07
Pt	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.06	0.09	0.09	0.08
Rh	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.03	0.04	0.03	0.03
Sb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.04	0.06	0.08	0.05
Se	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.09	0.13	0.10	0.11
Sn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.08	0.11	0.10	0.10
Te	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.03	0.04	0.03	0.03
Ti	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	4.1	2.4	1.8	1.8
Tl	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.03	0.04	0.03	0.03
V	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.62	0.63	0.60	0.60
Zn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	17	22	35	23
SO4-- totali	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	2'065	2'375	1'785	2'384
NO3-	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1'720	1'761	1'366	1'640
Cl-	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	5'772	4'512	2'870	5'399
Ca	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1'924	1'398	668	977
Na	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	2'903	2'482	1'576	2'879
Mg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	512	352	223	384
K	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1'343	193	126	196
NH4+	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	344	385	407	426
<b>Metalli pesanti totali</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	<b>0.06</b>	<b>0.07</b>	<b>0.08</b>	<b>0.07</b>
<b>Specie ioniche totali</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>9.0</b>	<b>14</b>

Considerando il rateo giornaliero di deposizione per le quattro postazioni nel 2011, si osserva una deposizione media giornaliera di 0.06 - 0.08  $\text{mg}/\text{m}^2$  di metalli pesanti e di 9 - 17  $\text{mg}/\text{m}^2$  di specie ioniche, entrambe simili a quelle degli anni precedenti:

	Metalli pesanti totali	Specie ioniche totali
2008	0.11 - 0.21 $\text{mg}/\text{m}^2$	23 - 33 $\text{mg}/\text{m}^2$
2009	0.08 - 0.13 $\text{mg}/\text{m}^2$	16 - 20 $\text{mg}/\text{m}^2$
2010	0.09 - 0.16 $\text{mg}/\text{m}^2$	16 - 28 $\text{mg}/\text{m}^2$

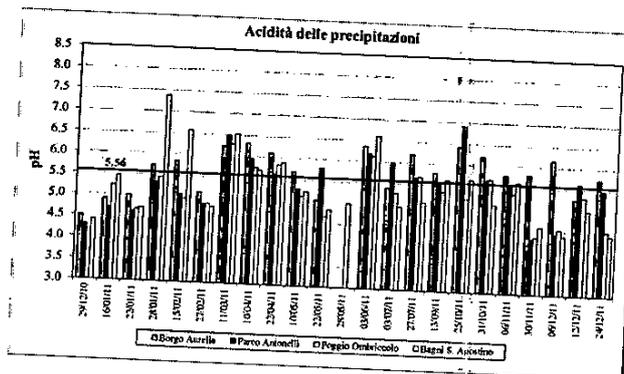
Nelle figure che seguono, sono stati messi a confronto i ratei di deposizione del 2011 di metalli pesanti e specie ioniche totali con quelli degli anni precedenti:



Rispetto ai ratei di deposizione degli anni precedenti, quelli del 2011 risultano in netta

diminuzione in tutte le postazioni sia per metalli pesanti sia per le specie ioniche, dipendendo ovviamente anche dalla entità delle precipitazioni dell'anno.

Nel 2011 si sono registrati eventi di acidità ( $\text{pH} < 5.56$ ) più numerosi rispetto all'anno precedente specie in gennaio, febbraio e dicembre, per poi tornare alla neutralità come il più delle volte riscontrato nelle precipitazioni del comprensorio di Civitavecchia. 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  $\text{CO}_2$  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 2011:



Oltre agli eventi acidi comuni a tutte le postazioni in gennaio, febbraio e dicembre, nel resto dell'anno si sono avuti solo episodicamente eventi di piogge acide, con una maggior frequenza a Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino come si può osservare dalla tabella che segue dove sono stati riportati i valori di pH delle deposizioni umide, evidenziando in rosso i valori inferiori a 5.56:

Data inizio evento	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
29/12/10	4.50	4.30	-	4.40
16/01/11	4.90	4.70	5.23	5.46
22/01/11	5.00	4.61	4.68	4.71
28/01/11	5.73	5.33	5.45	7.37
15/02/11	5.84	5.06	4.96	6.58
27/02/11	5.12	4.84	4.86	4.78
11/03/11	6.23	6.49	6.29	6.52
10/04/11	6.31	5.96	5.75	5.69
22/04/11	6.11	5.62	5.83	5.88
10/05/11	5.69	5.28	5.11	5.22
22/05/11	5.05	5.80	4.66	4.81
28/05/11	-	-	4.97	-
03/06/11	6.36	6.18	6.12	6.60
03/07/11	5.38	5.99	5.27	4.94
27/07/11	6.21	5.65	5.67	5.07
13/09/11	5.79	5.55	5.34	5.62
25/10/11	6.42	6.91	5.19	5.65
31/10/11	6.21	5.65	5.67	5.07
06/11/11	5.79	5.55	5.34	5.62
30/11/11	5.82	4.31	4.34	4.58
06/12/11	6.17	4.44	4.53	4.39
12/12/11	5.26	5.63	5.31	4.99
24/12/11	5.74	5.49	4.52	4.41
<b>Tot &lt; 5.5</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>13</b>

### 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 in massima parte IPA a 2 o 3 anelli, i più solubili in fase acquosa tra quelli determinati, con frequente presenza dei loro 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.

Anche in questo caso, essendo buona parte dei risultati analitici inferiori al limite di rilevabilità sperimentale (LdR), i valori di deposizione sono da considerarsi conservativi. 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 rilevabilità (LdR), in accordo con quanto riportato nel rapporto ISTISAN 06/38 (v. par. 3.4).

Di seguito sono riportati i valori degli IPA nelle deposizioni umide riscontrati nelle quattro postazioni. Ad eccezione di agosto, caratterizzato dall'assenza totale di pioggia, gli altri campioni risultano mancanti a causa dell'insufficienza della precipitazione raccolta.

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>2</sup> ]	225	1507	1710	86	199	-
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>2</sup> ]	105	1289	640	40	60	-
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>2</sup> ]	92	1937	554	40	187	-
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>2</sup> ]	60	683	40	107	60	-
Acenaftilene	[ng/m <sup>2</sup> ]	60	53	168	40	60	-
Acenaftene	[ng/m <sup>2</sup> ]	83	20	40	40	60	-
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>2</sup> ]	60	20	3160	40	60	-
Fluorene	[ng/m <sup>2</sup> ]	94	149	317	40	60	-
Fenantrene	[ng/m <sup>2</sup> ]	412	616	886	40	176	-
Antracene	[ng/m <sup>2</sup> ]	60	20	40	40	60	-
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>2</sup> ]	60	107	40	40	60	-
Fluorantene	[ng/m <sup>2</sup> ]	433	519	835	40	101	-
Pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	197	468	503	40	80	-
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	60	20	40	40	60	-
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>2</sup> ]	77	144	97	40	60	-
Crisene	[ng/m <sup>2</sup> ]	123	257	311	40	60	-
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>2</sup> ]	165	156	337	110	165	-
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>2</sup> ]	165	55	110	110	165	-
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	165	91	193	110	165	-
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	165	55	110	110	165	-
Perilene	[ng/m <sup>2</sup> ]	165	55	110	110	165	-
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	165	55	229	110	165	-
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>2</sup> ]	165	92	110	110	165	-
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>2</sup> ]	165	55	200	110	165	-
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	165	55	110	110	165	-
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	165	55	110	110	165	-
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	165	55	110	110	165	-
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	165	55	110	110	165	-
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>2</sup> ]	<b>4180</b>	<b>8642</b>	<b>11220</b>	<b>2072</b>	<b>3383</b>	-

Postazione		Borgo Aurelia					
Mese		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m <sup>2</sup> ]	349	-	20	74	153	352
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>2</sup> ]	40	-	20	69	96	109
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>2</sup> ]	432	-	20	45	110	60
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>2</sup> ]	304	-	39	20	40	60
Acenaftilene	[ng/m <sup>2</sup> ]	40	-	20	20	40	60
Acenaftene	[ng/m <sup>2</sup> ]	163	-	20	20	40	60
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>2</sup> ]	40	-	20	20	40	60
Fluorene	[ng/m <sup>2</sup> ]	40	-	20	20	40	60
Fenantrene	[ng/m <sup>2</sup> ]	83	-	20	86	85	229
Antracene	[ng/m <sup>2</sup> ]	40	-	20	20	40	60
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>2</sup> ]	40	-	20	20	858	60
Fluorantene	[ng/m <sup>2</sup> ]	58	-	20	64	75	184
Pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	40	-	20	43	73	186
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	40	-	20	20	40	60
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>2</sup> ]	40	-	20	20	40	60
Crisene	[ng/m <sup>2</sup> ]	40	-	20	20	40	60
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>2</sup> ]	110	-	55	55	110	83
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>2</sup> ]	110	-	55	55	110	165
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	110	-	55	55	110	165
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	110	-	55	55	110	165
Perilene	[ng/m <sup>2</sup> ]	110	-	55	55	110	165
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	110	-	55	55	110	165
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>2</sup> ]	110	-	55	55	110	165
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>2</sup> ]	110	-	55	55	110	165
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	110	-	55	55	110	165
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	110	-	55	55	110	165
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	110	-	55	55	110	165
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>2</sup> ]	110	-	55	55	110	165
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>2</sup> ]	<b>3110</b>	-	<b>999</b>	<b>1241</b>	<b>3227</b>	<b>3742</b>

I valori riscontrati nella postazione di Parco Antonelli sono mostrati nelle tabelle sottostanti:

Postazione		Parco Antonelli					
		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Mese						790	203
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	439	205	598	126	131	20
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	150	122	120	40	650	2188
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	412	173	90	411	362	20
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	80	20	40	89	60	20
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	124	91	123	40	505	20
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	80	50	40	40	60	20
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	222	334	40	40	60	20
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	106	107	238	40	121	20
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	463	358	653	96	295	50
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	80	20	40	40	60	20
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	80	57	91	40	60	20
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	494	212	707	40	220	20
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	314	157	395	40	175	20
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	80	20	40	40	60	20
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	128	51	74	40	60	20
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	249	76	200	40	60	20
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	196	110	165	55
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>3</sup> ]	<b>6141</b>	<b>2712</b>	<b>4894</b>	<b>2522</b>	<b>5648</b>	<b>3362</b>

Postazione		Parco Antonelli					
		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Mese							
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	2355	-	-	0	139	358
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	77	124
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	6410	-	-	20	582	449
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	212	60
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	40	40	118
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	106	150
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	40	60
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	40	128
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	118	541
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	40	60
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	40	92
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	104	451
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	86	351
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	40	60
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	40	114
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	-	20	40	170
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	-	55	110	341
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	-	55	110	165
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	-	55	110	165
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	-	55	110	165
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	-	55	110	165
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	-	55	110	165
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	-	55	110	165
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	-	55	110	165
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	-	55	110	165
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	-	55	110	165
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	-	55	110	165
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	-	55	110	165
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>3</sup> ]	<b>10645</b>	-	-	<b>960</b>	<b>3065</b>	<b>5440</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> ]	345	153	990	154	361	20
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	166	113	61	40	519	20
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	143	93	70	61	1900	20
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	60	20	40	40	60	20
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	97	20	40	40	60	20
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	60	20	40	40	60	20
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	60	20	40	40	219	20
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	175	20	40	40	60	20
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	520	193	350	40	60	20
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	60	20	40	151	168	20
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	60	20	40	40	60	20
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	513	181	308	40	60	20
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	302	103	217	134	88	20
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	60	20	40	114	81	20
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	112	20	40	40	60	20
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	211	73	148	124	60	20
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	218	264	180	65	60	20
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	165	55	110	110	165	55
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	165	55	110	110	165	55
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	165	55	110	110	165	55
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	165	55	110	110	165	55
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	165	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	165	55	110	110	165	55
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	165	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	165	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	165	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	165	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	165	55	110	110	165	55
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>3</sup> ]	<b>4977</b>	<b>1958</b>	<b>3940</b>	<b>2482</b>	<b>5854</b>	<b>980</b>

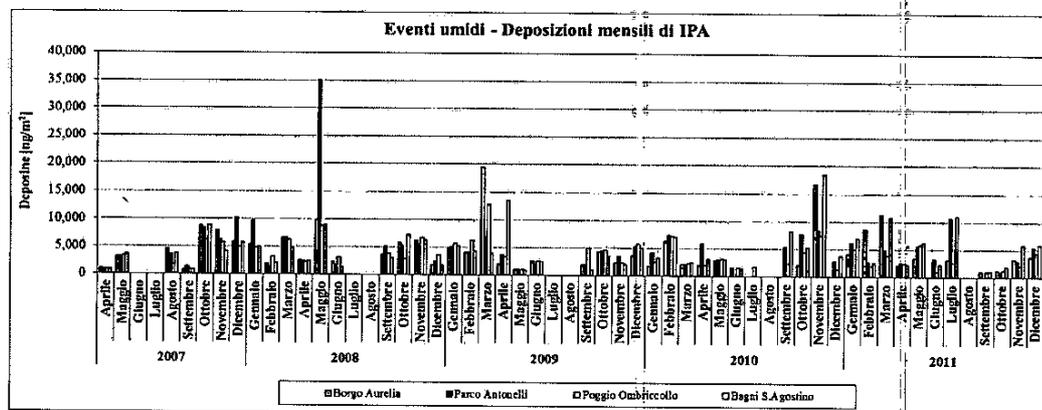
Postazione		Poggio Ombriccolo					
Mese		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	403	-	20	65	73	283
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	99	-	20	105	73	80
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	332	-	20	71	40	80
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	40	80
Acenaftilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	40	80
Acenaftene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	40	80
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	40	80
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	40	80
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	40	80
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	73	88	236
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	40	80
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	40	80
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	62	57	149
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	45	40	137
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	40	80
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	40	107
Benzo[b+j]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	20	20	40	80
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>3</sup> ]	<b>2674</b>	<b>-</b>	<b>980</b>	<b>1280</b>	<b>2091</b>	<b>4432</b>

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

		Bagni S. Agostino					
Postazione		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
Mese						663	20
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	414	173	1894	91	911	20
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	216	107	792	76	1368	1265
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	93	844	138	60	20
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	80	20	40	40	60	20
Acenafilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	80	69	40	40	483	20
Acenafte	[ng/m <sup>3</sup> ]	80	20	40	139	60	20
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	864	349	1136	40	60	20
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	201	102	159	40	139	20
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	670	441	917	77	60	20
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	80	20	70	40	60	20
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	80	57	207	40	60	20
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	509	244	875	40	60	20
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	295	157	567	40	60	20
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	80	20	266	40	60	20
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	140	44	241	40	60	20
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	138	98	404	40	165	55
Benzo[b+]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	421	55	401	110	165	55
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	168	110	165	55
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	152	110	165	55
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	185	110	165	55
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	367	110	165	55
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	166	110	165	55
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	261	110	165	55
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	157	110	165	55
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	220	55	110	110	165	55
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>3</sup> ]	<b>6989</b>	<b>2674</b>	<b>10787</b>	<b>2281</b>	<b>6203</b>	<b>2225</b>

		Bagni S. Agostino					
Postazione		Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Mese					87	257	605
Naftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	3305	-	20	286	40	405
2-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	904	-	50	130	151	283
1-Metilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1797	-	20	20	40	80
2,6-Dimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	1595	-	70	20	40	80
Acenafilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	166	196
Acenafte	[ng/m <sup>3</sup> ]	1043	-	37	134	40	80
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng/m <sup>3</sup> ]	540	-	20	160	40	108
Fluorene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	41	108	418
Fenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	64	-	20	79	200	80
Antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	40	80
1-Metilfenantrene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	286	80
Fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	68	265	324
Pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	49	199	241
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	40	80
Benzo[a]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	20	231	97
Crisene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	44	287	125
Benzo[b+]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	40	-	20	55	637	280
Benzo[k]fluorantene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	363	220
Benzo[e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	346	220
Benzo[a]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	213	220
Perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	251	220
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	413	220
Dibenzo[a,h]antracene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	426	220
Benzo[g,h,i]perilene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	383	220
Dibenzo[a,e]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Dibenzo[a,h]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Dibenzo[a,i]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
Dibenzo[a,l]pirene	[ng/m <sup>3</sup> ]	110	-	55	55	110	220
<b>Totale</b>	[ng/m <sup>3</sup> ]	<b>10928</b>	-	<b>1076</b>	<b>1858</b>	<b>5862</b>	<b>5981</b>

Nella figura che segue sono confrontati gli andamenti delle deposizioni mensili di IPA totali nelle quattro postazioni per il periodo 2007-2011:



Nel 2011 le deposizioni più elevate di IPA sono avvenute a marzo (Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino) e luglio (Parco Antonelli e Bagni S. Agostino). Nel resto dell'anno, le deposizioni in tutte le postazioni sono state piuttosto omogenee e quantitativamente simili a quelle dei periodi precedenti, a parte qualche estemporaneo caso di deposizione di IPA relativamente elevata. Nella tabella seguente sono riassunte le deposizioni complessive di IPA del 2011 in ciascuna postazione, espresse in  $\text{ng}/\text{m}^2$ :

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Naftalene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	4676	5214	2867	7528
2-Metilnaftalene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	2468	843	1296	3808
1-Metilnaftalene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	3477	11386	2828	6310
2,6-Dimetilnaftalene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1413	943	440	2065
Acenaftilene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	562	675	477	509
Acenaftene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	545	1051	599	2357
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	3520	876	440	3308
Fluorene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	955	860	555	899
Fenantrene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	2633	2633	1859	3044
Antracene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	400	420	440	490
1-Metilfenantrene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1305	540	440	910
Fluorantene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	2330	2309	1571	2466
Pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1650	1598	1119	1688
Ciclopenta[c,d]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	400	420	440	686
Benzo[a]antracene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	598	586	648	954
Crisene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	993	913	777	1276
Benzo[b,j]fluorantene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1428	1417	1541	2344
Benzo[k]fluorantene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1100	1155	1210	1575
Benzo[e]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1218	1155	1210	1542
Benzo[a]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1100	1155	1210	1442
Perilene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1100	1155	1210	1663
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1219	1155	1210	1624
Dibenzo[a, h]antracene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1137	1155	1210	1732
Benzo[g, h, i]perilene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1190	1155	1210	1584
Dibenzo[a, e]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1100	1155	1210	1265
Dibenzo[a, h]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1100	1155	1210	1265
Dibenzo[a, i]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1100	1155	1210	1265
Dibenzo[a, l]pirene	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	1100	1155	1210	1265
<b>Totale</b>	[ $\text{ng}/\text{m}^2$ ]	<b>41815</b>	<b>45389</b>	<b>31648</b>	<b>56863</b>

Dalla tabella precedente, si può notare che la maggiore deposizione di IPA totali si è

avuta a Bagni S. Agostino ( $57 \mu\text{g}/\text{m}^2$ ), la minore alla postazione di Poggio Ombriccolo ( $32 \mu\text{g}/\text{m}^2$ ), mentre si sono avute deposizioni quantitativamente simili a Borgo Aurelia e a Parco Antonelli ( $42 - 45 \mu\text{g}/\text{m}^2$ ).

Nella tabella che segue, sono invece confrontate le deposizioni totali di IPA del 2011, sempre espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ , con quelle degli anni precedenti:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
2007 <sup>14</sup>	32	34	24	28
2008	47	76	46	44
2009	47	39	50	43
2010	36	47	36	56
2011	42	45	32	57

A fronte di una progressiva diminuzione delle deposizioni di IPA nella postazione di Poggio Ombriccolo e un progressivo aumento in quella di Bagni S. Agostino, nelle altre due postazioni si sono avute deposizioni confrontabili a quelle degli anni precedenti. Le deposizioni di IPA nel quadriennio 2008-'11 si sono sempre mantenute in tutte le postazioni entro valori di  $32-76 \mu\text{g}/\text{m}^2$ , un intervallo che si potrebbe considerare relativamente ristretto. Più in dettaglio, nel quadriennio di monitoraggio le deposizioni di IPA nelle singole postazioni sono rimaste comprese tra  $36-47 \mu\text{g}/\text{m}^2$  a Borgo Aurelia,  $39-76 \mu\text{g}/\text{m}^2$  a Parco Antonelli,  $32-50 \mu\text{g}/\text{m}^2$  a Poggio Ombriccolo e  $43-77 \mu\text{g}/\text{m}^2$  a Bagni S. Agostino.

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:

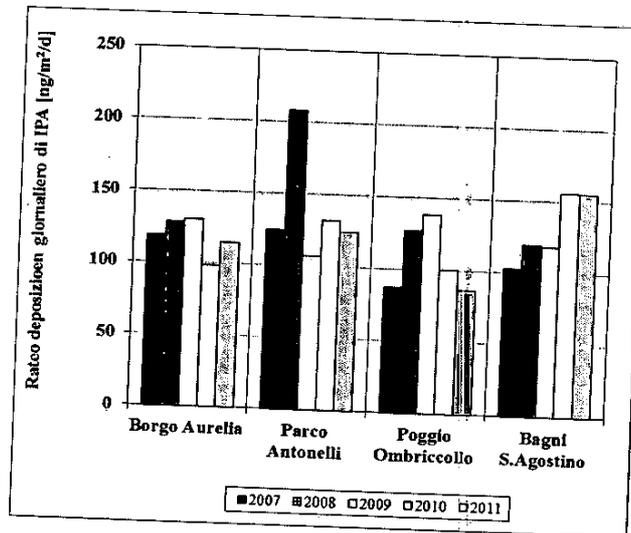
Postazione	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Naftalene [ng/m <sup>2</sup> /d]	12.8	14.2	7.8	20.6
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> /d]	6.7	2.3	3.5	10.4
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> /d]	9.5	31.1	7.7	17.2
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.9	2.6	1.2	5.6
Acenaftilene [ng/m <sup>2</sup> /d]	1.5	1.8	1.3	1.4
Acenaftene [ng/m <sup>2</sup> /d]	1.5	2.9	1.6	6.4
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> /d]	9.6	2.4	1.2	9.0
Fluorene [ng/m <sup>2</sup> /d]	2.6	2.4	1.5	2.5
Fenantrene [ng/m <sup>2</sup> /d]	7.2	7.2	5.1	8.3
Antracene [ng/m <sup>2</sup> /d]	1.1	1.1	1.2	1.3
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.6	1.5	1.2	2.5
Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> /d]	6.4	6.3	4.3	6.7
Pirene [ng/m <sup>2</sup> /d]	4.5	4.4	3.1	4.6
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>2</sup> /d]	1.1	1.1	1.2	1.9
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>2</sup> /d]	1.6	1.6	1.8	2.6
Crisene [ng/m <sup>2</sup> /d]	2.7	2.5	2.1	3.5
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.9	3.9	4.2	6.4
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.0	3.2	3.3	4.3
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.3	3.2	3.3	4.2
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.0	3.2	3.3	3.9
Perilene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.0	3.2	3.3	4.5
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.3	3.2	3.3	4.4
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.1	3.2	3.3	4.7
Benzo[g, h, i]perilene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.3	3.2	3.3	4.3
Dibenzo[a, e]pirene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.0	3.2	3.3	3.5
Dibenzo[a, h]pirene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.0	3.2	3.3	3.5
Dibenzo[a, i]pirene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.0	3.2	3.3	3.5
Dibenzo[a, j]pirene [ng/m <sup>2</sup> /d]	3.0	3.2	3.3	3.5
<b>Totale [ng/m<sup>2</sup>/d]</b>	<b>114</b>	<b>124</b>	<b>86</b>	<b>155</b>

<sup>14</sup> Per il 2007 i dati di deposizione comprendono solo il periodo aprile-dicembre

La deposizione giornaliera per il 2011 per unità di superficie da eventi umidi risulta essere quindi compresa tra 86-155 ng/m<sup>2</sup>/d in tutte le postazioni. Nel prospetto che segue, i ratei di deposizione del 2011 sono confrontati con quelli degli anni precedenti. I valori sono tutti espressi in ng/m<sup>2</sup>/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
2010	98	131	100	156
2011	114	124	86	155

I valori della tabella precedente sono confrontati graficamente nella figura che segue:



I ratei di deposizione del quadriennio 2008-2011 sono rimasti compresi tra 86-138 ng/m<sup>2</sup>/d a Borgo Aurelia e Poggio Ombriccolo mentre per la postazione di Bagni S. Agostino si è avuto un progressivo aumento, fino al valore massimo di 155-156 ng/m<sup>2</sup>/d degli ultimi due anni che è anche il massimo rateo di deposizione riscontrato in tutte le postazioni. Negli anni precedenti, il massimo assoluto è stato raggiunto nella postazione di Parco Antonelli con un rateo di 210 ng/m<sup>2</sup>/d.

### 3.4.1.3 Composizione delle deposizioni umide

Nella tabella che segue sono state riportate le distribuzioni % delle specie determinate nelle deposizioni umide nel corso del 2011. 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 (per le modalità di calcolo dei solfati non marini si veda par. 3.4.1.1):

Postazione	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Data Inizio	29/12/2010	29/12/2010	29/12/2010	29/12/2010
Data Fine	31/12/2011	31/12/2011	31/12/2011	31/12/2011
Metalli pesanti [%]	0.4	0.5	0.9	0.5
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini [%]	8.1	13.0	15.3	11.7
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini [%]	4.3	4.5	4.3	4.9
NaCl [%]	52.1	51.7	48.9	57.7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [%]	10.3	13.0	15.0	11.4
Ca [%]	11.6	10.3	7.3	6.8
Mg [%]	3.1	2.6	2.4	2.7
K [%]	8.1	1.4	1.4	1.4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [%]	2.1	2.8	4.5	3.0

Nel complesso, la deposizione di metalli pesanti è stata meno dell'1% delle deposizioni di specie inorganiche dovute ad eventi umidi mentre il cloruro di sodio ha contato per il 49-58% a seconda delle postazioni. I solfati antropogenici (non marini) hanno costituito l'8 - 15 % delle specie depositate e i nitrati il 10 - 15%. Da notare che a Borgo Aurelia, il calcio è pari al 12% delle specie depositate per via umida a fronte del 7 - 10% delle altre postazioni.

### 3.4.2 Deposizioni atmosferiche secche

Nel corso del 2011, 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 risollepati da agenti fisici. Per caratterizzare le deposizioni secche inorganiche si è pertanto fatto ricorso ad una lisciviazione con acqua per portare in soluzione i sali solubili e nelle soluzioni ottenute si sono determinati metalli pesanti e specie ioniche (v. par. 2.2), allo stesso modo di quanto eseguito sulle deposizioni umide. Il particolato insolubile in acqua è stato filtrato e sottoposto a procedure di attacco chimico per caratterizzare i metalli pesanti. Nella tabella che segue, è riportata la quantità di particolato insolubile in acqua depositato mensilmente in ciascuna postazione. I valori sono espressi in mg/m<sup>2</sup>.

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Gen	315	518	273	276
Feb	132	145	59	95
Mar	185	294	183	98
Apr	209	383	321	277
Mag	136	829	510	279
Giu	115	167	126	150
Lug	520	208	395	2772
Ago	244	383	285	218
Set	265	406	41	38
Ott	562	2436	179	788
Nov	68	348	1960	126
Dic	89	1016	29	126

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 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 rilevabilità.

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 [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1'330	5'036	7'620	4'851	4'122	3'714	20'332	13'168	23'759	49'349	1'566	1'034	
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.3	0.3	1.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	2.6	0.5	0.5
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.5	1.0	2.2	1.5	1.1	0.9	4.1	2.5	3.8	6.8	0.3	0.3	0.3
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	5.3	32	19	56	20	10	240	48	49	181	5.3	32	
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	7.5	35	84	79	37	34	62	19	57	48	49	7.4	
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.14	0.11	0.20	0.04	0.04	
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	18	128	84	215	92	76	270	170	471	753	240	34	
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2.3	5.8	29	19	7.6	2.4	22	11	22	24	2.2	2.5	
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	4.7	11	14	13	5.7	5.5	32	15	23	47	2.2	0.5	
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	713	0.3	14.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	3.4	0.9	1.4	3.8	0.7	0.6	
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	7.6	0.8	190	0.8	0.8	3.5	9.6	0.8	3.1	6.5	1.4	0.8	
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	174	341	986	536	464	229	1'034	720	1'408	2'455	162	209	
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.3	0.3	0.9	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3	0.4	1.1	0.3	0.3	
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	2.9	11	18	13	15	14	62	47	49	85	6.2	6.9	
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	415	544	189	284	142	130	244	76	640	948	671	269	
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	21'771	40'350	63'007	54'098	46'867	44'336	61'143	54'106	70'158	92'190	25'026	40'605	
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	51'220	31'935	80'438	16'951	14'637	19'524	28'507	24'131	23'388	37'530	22'471	248'012	
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	7'000	11'317	14'257	7'933	5'772	6'062	7'291	5'519	5'141	8'531	4'718	29'395	
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	7'119	8'541	77'792	47'181	31'616	37'383	11'796	18'691	9'627	15'104	4'968	15'814	
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	3'045	1'341	2'878	3'431	4'165	45'366	727	189	757	1'295	189	3'946	
SO4-- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	26'197	22'850	60'627	24'236	23'857	27'644	35'642	31'135	28'742	23'698	14'466	66'345	
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	35'278	26'674	189	43'965	35'975	24'614	14'299	37'118	29'386	43'950	28'257	18'502	
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	95'117	56'522	156'941	26'712	28'401	39'762	44'351	41'867	36'528	54'454	38'360	497'686	
PO4--- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	189	871	6'491	19'313	10'982	8'710	682	189	189	189	189	189	
Totale [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	250	207	472	250	207	258	227	227	230	331	141	922	

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

Postazione	Parco Antonelli												
	Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al [µg/m <sup>2</sup> ]	9'310	7'549	5'289	11'366	25'464	9'810	11'673	34'547	35'703	213'853	11'573	13'298	
As [µg/m <sup>2</sup> ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.3	1.4	12	0.5	0.5	
Be [µg/m <sup>2</sup> ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	1.9	0.3	0.4	
Cd [µg/m <sup>2</sup> ]	0.3	0.3	0.7	0.3	0.9	0.3	0.3	0.5	0.7	28	2.9	3.6	
Co [µg/m <sup>2</sup> ]	2.0	2.1	1.7	2.8	4.9	2.2	2.4	6.2	5.4	537	21	234	
Cr [µg/m <sup>2</sup> ]	122	134	8.0	102	259	24	29	97	80	276	63	104	
Cu [µg/m <sup>2</sup> ]	212	109	79	133	296	98	118	142	99	276	63	104	
Hg [µg/m <sup>2</sup> ]	0.2	0.1	0.3	1.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	4.9	0.2	0.4	
Mn [µg/m <sup>2</sup> ]	174	114	85	261	354	139	398	936	496	16'875	660	517	
Ni [µg/m <sup>2</sup> ]	7.6	10	6.3	16	39	8.6	10	32	28	87	15	16	
Pb [µg/m <sup>2</sup> ]	15	20	11	21	50	18	22	47	41	325	0.5	0.5	
Pd [µg/m <sup>2</sup> ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	
Pt [µg/m <sup>2</sup> ]	0.5	0.5	0.5	0.5	1.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	
Rh [µg/m <sup>2</sup> ]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
Sb [µg/m <sup>2</sup> ]	5.1	8.7	0.3	0.3	4.8	4.1	3.9	7.3	7.8	40	1.4	6.4	
Se [µg/m <sup>2</sup> ]	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.9	1.9	6.9	0.8	1.3	
Sn [µg/m <sup>2</sup> ]	9.8	11	12	0.8	0.8	2.7	5.2	11	10	39	3.2	13	
Te [µg/m <sup>2</sup> ]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
Ti [µg/m <sup>2</sup> ]	610	652	739	811	1'317	644	810	1'816	2'061	9'074	533	2'041	
Tl [µg/m <sup>2</sup> ]	0.3	0.4	0.3	0.4	0.6	0.3	0.4	0.7	0.7	3.7	0.3	0.5	
V [µg/m <sup>2</sup> ]	17	19	16	38	68	54	45	113	94	425	25	42	
Zn [µg/m <sup>2</sup> ]	209	73	118	138	1'723	98	96	406	105	457	1'549	424	
Ca [µg/m <sup>2</sup> ]	82'282	74'779	114'100	93'084	114'691	87'343	97'328	124'184	132'876	273'010	32'245	481'811	
Na [µg/m <sup>2</sup> ]	68'662	32'480	57'111	13'640	23'577	24'482	34'541	26'423	24'249	44'147	69'672	178'886	
Mg [µg/m <sup>2</sup> ]	13'195	5'669	11'162	6'747	24'015	6'607	7'186	7'356	6'273	21'476	9'898	40'880	
K [µg/m <sup>2</sup> ]	14'917	5'434	60'442	42'508	55'150	10'508	24'699	16'144	18'215	51'062	9'258	161'792	
NH4+ [µg/m <sup>2</sup> ]	189	189	7'884	1'863	13'254	189	2'257	826	189	1'318	3'802	2'461	
SO4-- [µg/m <sup>2</sup> ]	38'383	24'948	53'523	21'282	54'151	42'034	27'454	49'062	42'140	25'766	46'699	53'190	
NO3- [µg/m <sup>2</sup> ]	23'403	26'886	3'938	14'541	29'158	32'188	11'406	15'450	35'543	9'800	71'677	3'953	
Cl- [µg/m <sup>2</sup> ]	133'402	56'704	103'342	21'782	39'004	39'762	65'027	34'331	36'687	39'875	120'474	386'786	
PO4--- [µg/m <sup>2</sup> ]	189	189	189	10'224	19'313	2'121	189	189	189	189	189	189	
Totale [mg/m <sup>2</sup> ]	385	236	418	239	402	256	283	312	335	709	378	1'327	

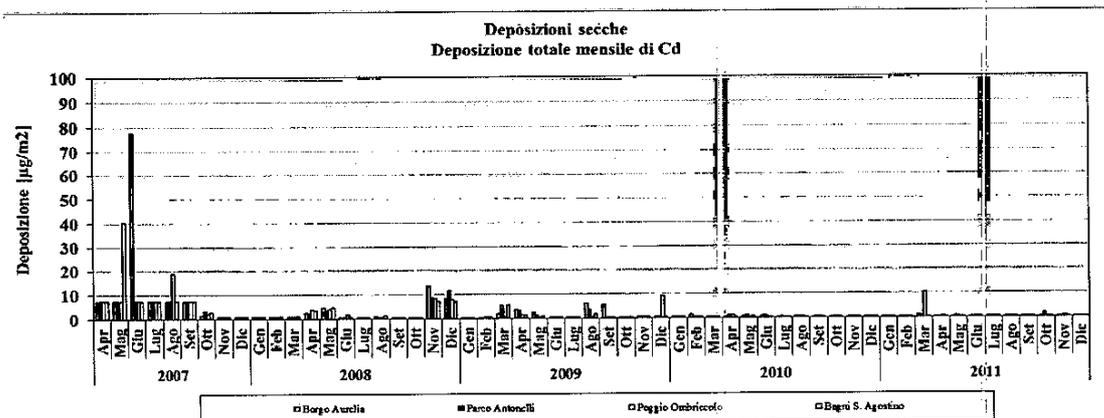
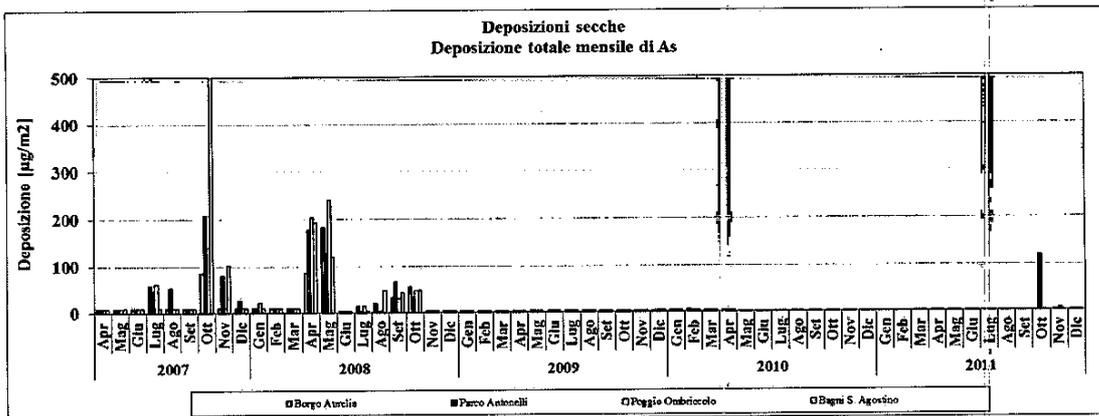
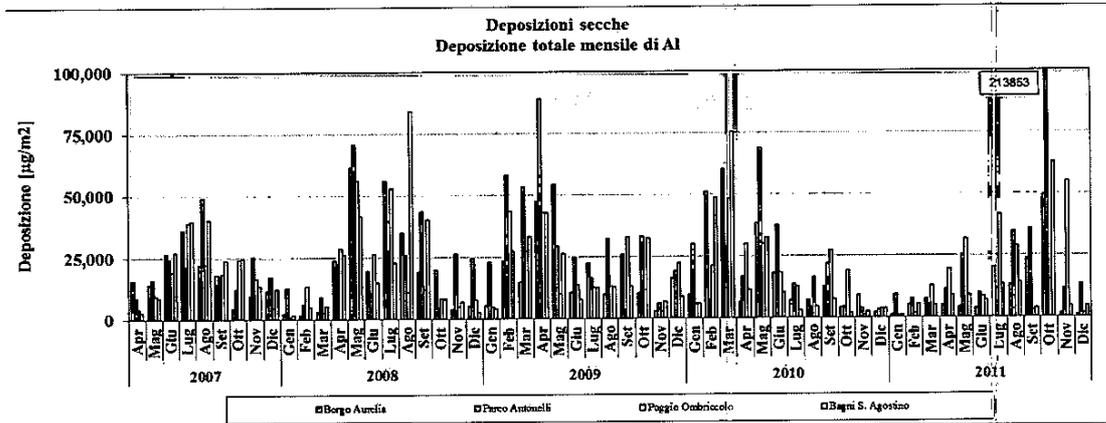
Le deposizioni secche mensili avvenute nella postazione di Poggio Ombriccolo sono riportate nella tabella sottostante:

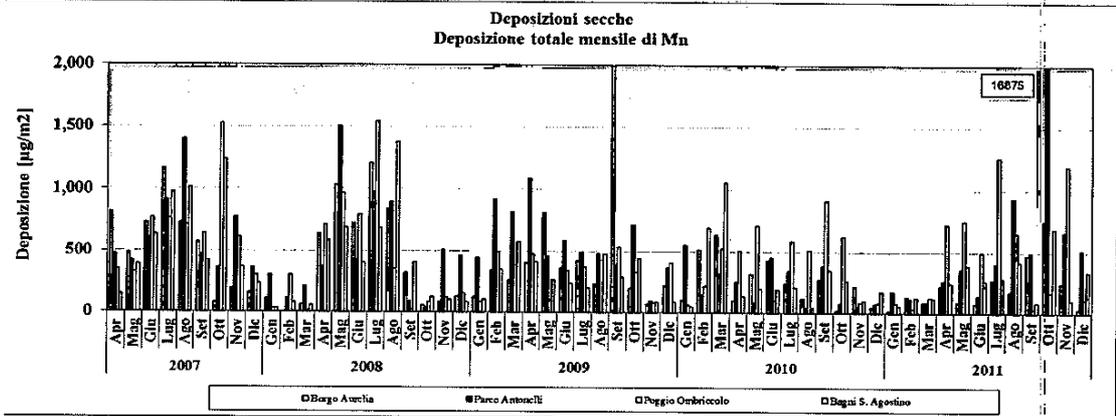
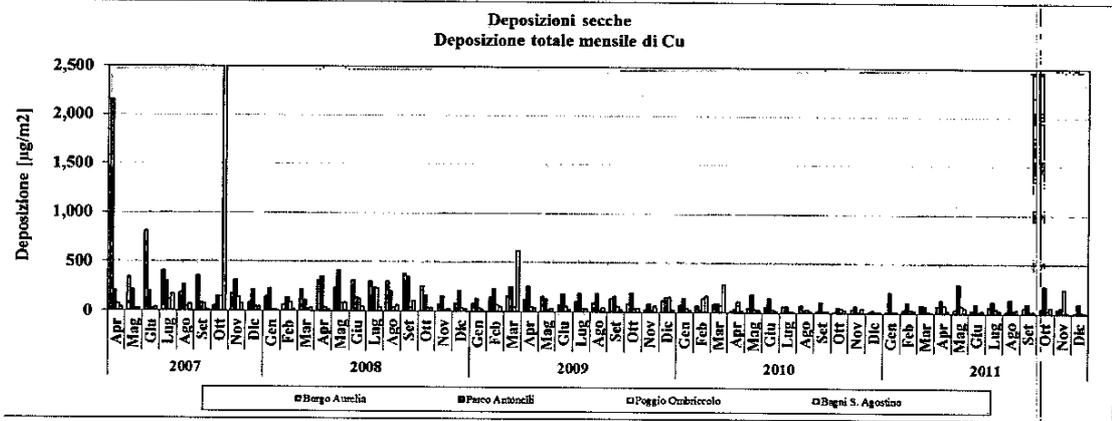
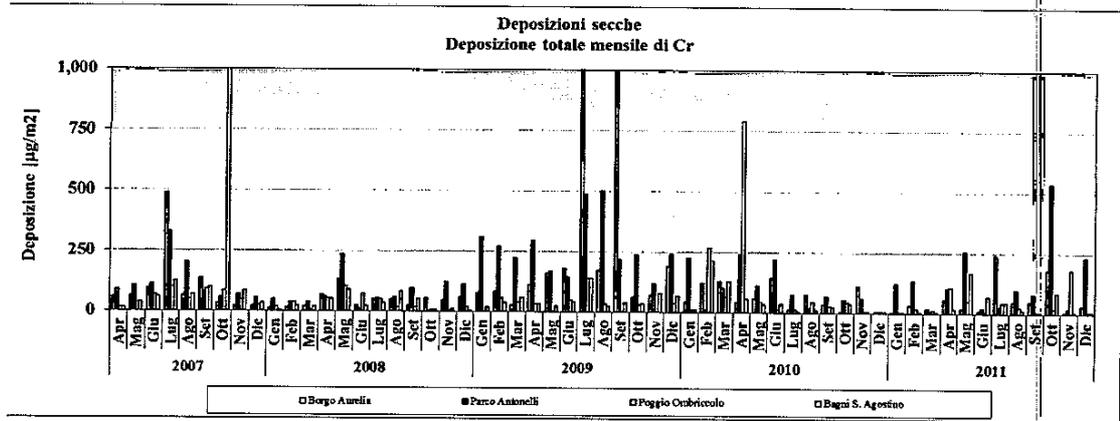
Postazione	Poggio Ombriccolo											
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	669	1'736	12'920	19'569	31'651	8'410	41'631	28'757	2'631	15'327	54'948	1'367
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	6.1	0.5
Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3.6	0.5
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.3	0.3	10	0.5	0.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.8	0.3
Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.3	0.7	2.8	4.8	5.3	2.0	10	4.1	0.6	2.3	10.6	0.5
Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	5.3	17	12	107	52	7.8	41	25	5.3	21	181	5.3
Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	11	34	12	84	76	18	48	25	24	32	248	17
Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.04	0.04	0.25	0.29	0.04	0.04	0.24	0.12	0.04	0.22	2.40	0.04
Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	79	31	123	728	754	496	1'258	656	34	169	1'191	111
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	4.1	8.0	9.3	13	14	7.7	22	14	2.4	8.3	27	2.4
Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1.9	6.8	10	21	34	10	33	26	2.6	25	101	106
Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5
Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.3	1.5	0.3	0.3	0.3	0.8	2.4	1.4	0.3	1.7	14.1	0.7
Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.9	1.5	0.8	0.8	3.2	0.8
Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	2.0	3.8	0.8	0.8	2.1	23.4	1.4
Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	42	316	787	844	1'124	535	1'180	1'085	386	760	2'430	149
Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.3	0.7	0.5	0.3	0.4	1.2	0.3
V [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	5.0	3.5	23	29	41	19	54	38	6.2	22	156	3.6
Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	1'194	518	425	128	818	207	538	155	284	2'611	518	255
Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	25'903	16'578	78'098	44'217	59'257	39'189	35'173	33'690	53'607	29'013	233'644	26'902
Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	133'122	33'354	49'171	15'996	18'663	24'905	37'350	26'367	16'442	18'403	61'008	202'638
Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	15'755	4'181	11'082	5'237	6'621	5'537	7'907	4'456	4'150	2'926	16'588	24'110
K [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	6'960	3'878	7'942	17'616	12'926	15'463	15'496	8'383	3'385	4'509	23'058	9'238
NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	7'362	4'559	5'302	1'469	682	2'499	1'235	189	189	189	189	7'256
SO4-- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	62'096	23'902	74'782	21'055	32'945	38'247	27'954	29'219	20'153	13'375	43'647	69'783
NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	83'393	46'335	37'649	54'151	42'791	45'063	25'023	40'057	24'705	33'748	36'323	46'896
Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	225'543	55'038	87'847	19'502	20'070	41'276	65'232	31'105	28'189	26'803	98'382	384'786
PO4-- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	568	189	189	189	833	8'710	189	189	189	189	189	189
<b>Totale</b> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]	<b>563</b>	<b>191</b>	<b>366</b>	<b>201</b>	<b>229</b>	<b>231</b>	<b>260</b>	<b>204</b>	<b>154</b>	<b>148</b>	<b>573</b>	<b>774</b>

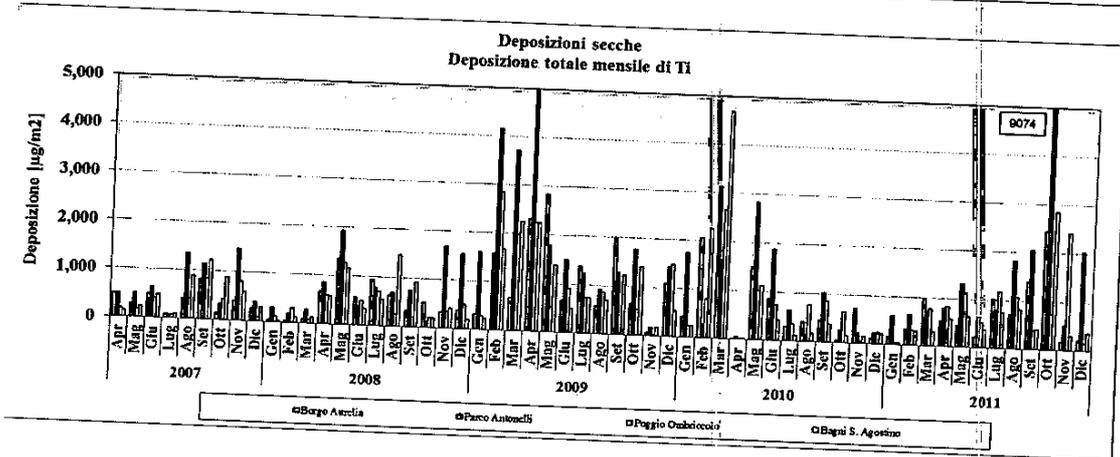
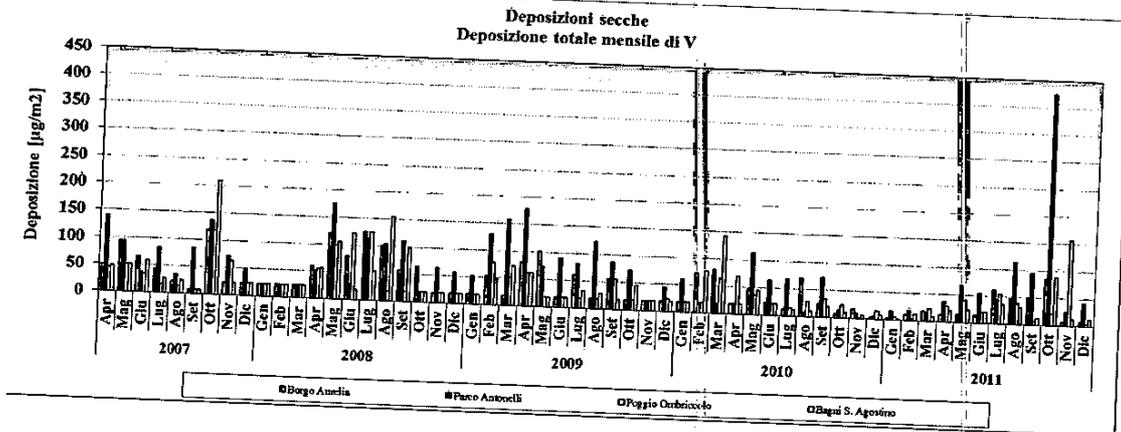
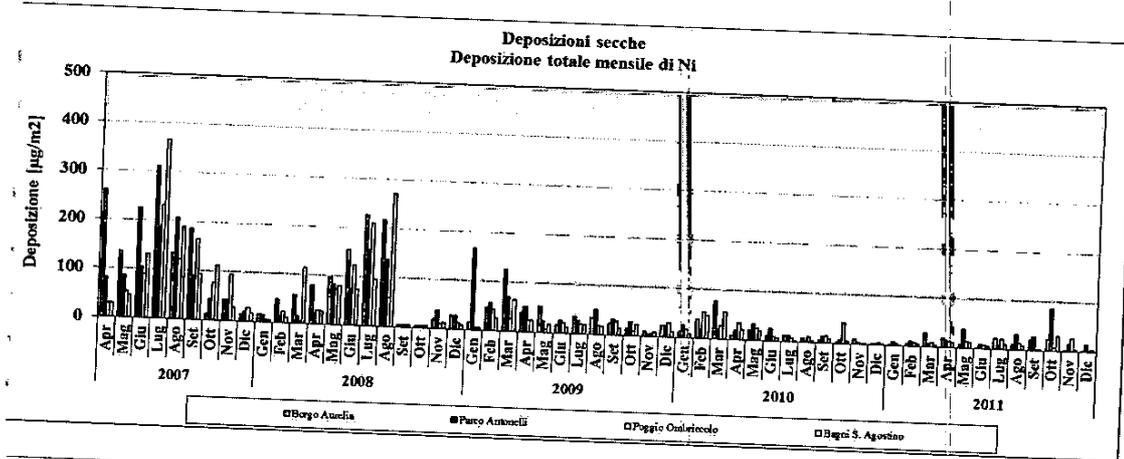
Le deposizioni secche mensili occorse nella postazione di Bagni S. Agostino sono mostrate nella tabella che segue:

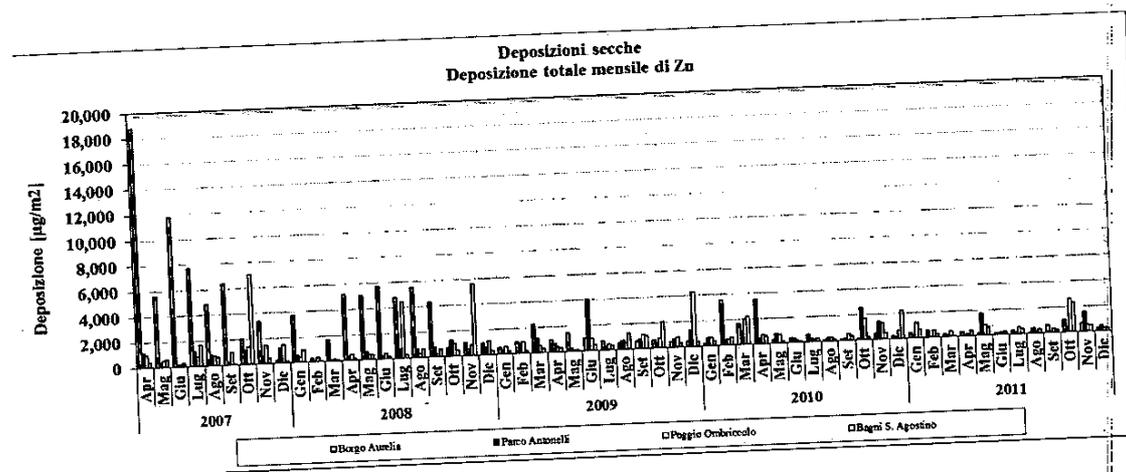
Postazione	Bagni S. Agostino												
	Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Al [µg/m <sup>2</sup> ]	913	5'388	4'953	8'658	9'068	6'667	13'396	13'989	3'527	62'766	4'327	4'597	
As [µg/m <sup>2</sup> ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Be [µg/m <sup>2</sup> ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3.2	0.5	0.5
Cd [µg/m <sup>2</sup> ]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
Co [µg/m <sup>2</sup> ]	0.3	1.0	1.1	1.7	1.5	1.3	2.2	2.4	0.6	8.3	0.9	1.1	
Cr [µg/m <sup>2</sup> ]	5.3	5.3	5.3	18	167	70	45	12	5.3	84	5.3	5.3	
Cu [µg/m <sup>2</sup> ]	8.1	29	10	28	54	27	30	38	20	65	8.2	3.2	
Hg [µg/m <sup>2</sup> ]	0.04	0.04	0.04	0.17	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.22	0.04	0.04	
Mn [µg/m <sup>2</sup> ]	56	124	112	238	385	259	285	414	83	690	103	335	
Ni [µg/m <sup>2</sup> ]	1.6	6.0	4.0	11	12	5.5	11	9.4	2.2	31	3.7	6.0	
Pb [µg/m <sup>2</sup> ]	2.0	9.0	7.9	14	10	10	26	15	5.4	52	30	0.5	
Pd [µg/m <sup>2</sup> ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Pt [µg/m <sup>2</sup> ]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Rh [µg/m <sup>2</sup> ]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
Sb [µg/m <sup>2</sup> ]	0.3	4.2	0.3	0.3	0.3	4.9	2.1	0.8	0.3	3.1	0.8	0.6	
Se [µg/m <sup>2</sup> ]	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.5	1.4	0.8	3.3	0.8	0.8	
Sn [µg/m <sup>2</sup> ]	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	86	28	0.8	0.8	5.4	9.3	1.2	
Te [µg/m <sup>2</sup> ]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
Ti [µg/m <sup>2</sup> ]	46	317	305	580	652	387	762	829	423	2'853	315	369	
Tl [µg/m <sup>2</sup> ]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	1.3	0.3	0.3	
V [µg/m <sup>2</sup> ]	2.0	12	8.7	20	23	20	35	31	12	88	12	12.6	
Zn [µg/m <sup>2</sup> ]	679	237	64	412	618	191	415	293	219	2'267	495	241	
Ca [µg/m <sup>2</sup> ]	22'425	19'097	42'532	31'529	67'400	43'303	40'439	62'646	75'860	70'695	33'221	29'158	
Na [µg/m <sup>2</sup> ]	67'701	33'215	41'133	14'268	15'212	29'556	24'492	21'324	111'594	38'516	32'543	254'505	
Mg [µg/m <sup>2</sup> ]	8'401	4'490	6'263	4'530	6'507	6'321	5'010	4'671	13'261	9'842	5'013	29'046	
K [µg/m <sup>2</sup> ]	3'991	4'252	5'133	11'941	21'194	12'980	7'255	9'141	7'828	33'336	3'624	11'221	
NH4+ [µg/m <sup>2</sup> ]	644	507	189	1'750	1'893	2'499	3'499	189	651	3'794	189	2'424	
SO4-- [µg/m <sup>2</sup> ]	28'674	15'677	36'884	10'891	22'342	29'916	37'027	29'719	42'511	18'820	17'934	70'503	
NO3- [µg/m <sup>2</sup> ]	40'951	28'083	21'047	30'355	189	31'431	3'507	28'924	11'792	31'627	24'758	18'457	
Cl- [µg/m <sup>2</sup> ]	121'413	56'310	75'100	19'192	26'129	45'063	37'489	26'243	206'139	57'969	54'212	490'029	
PO4-- [µg/m <sup>2</sup> ]	189	189	189	189	189	3'787	189	189	189	1'469	189	189	
<b>Totale [mg/m<sup>2</sup>]</b>	<b>296</b>	<b>168</b>	<b>234</b>	<b>135</b>	<b>172</b>	<b>213</b>	<b>174</b>	<b>199</b>	<b>474</b>	<b>335</b>	<b>177</b>	<b>911</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 nei 9 mesi del 2007, e nel 2008-2010:





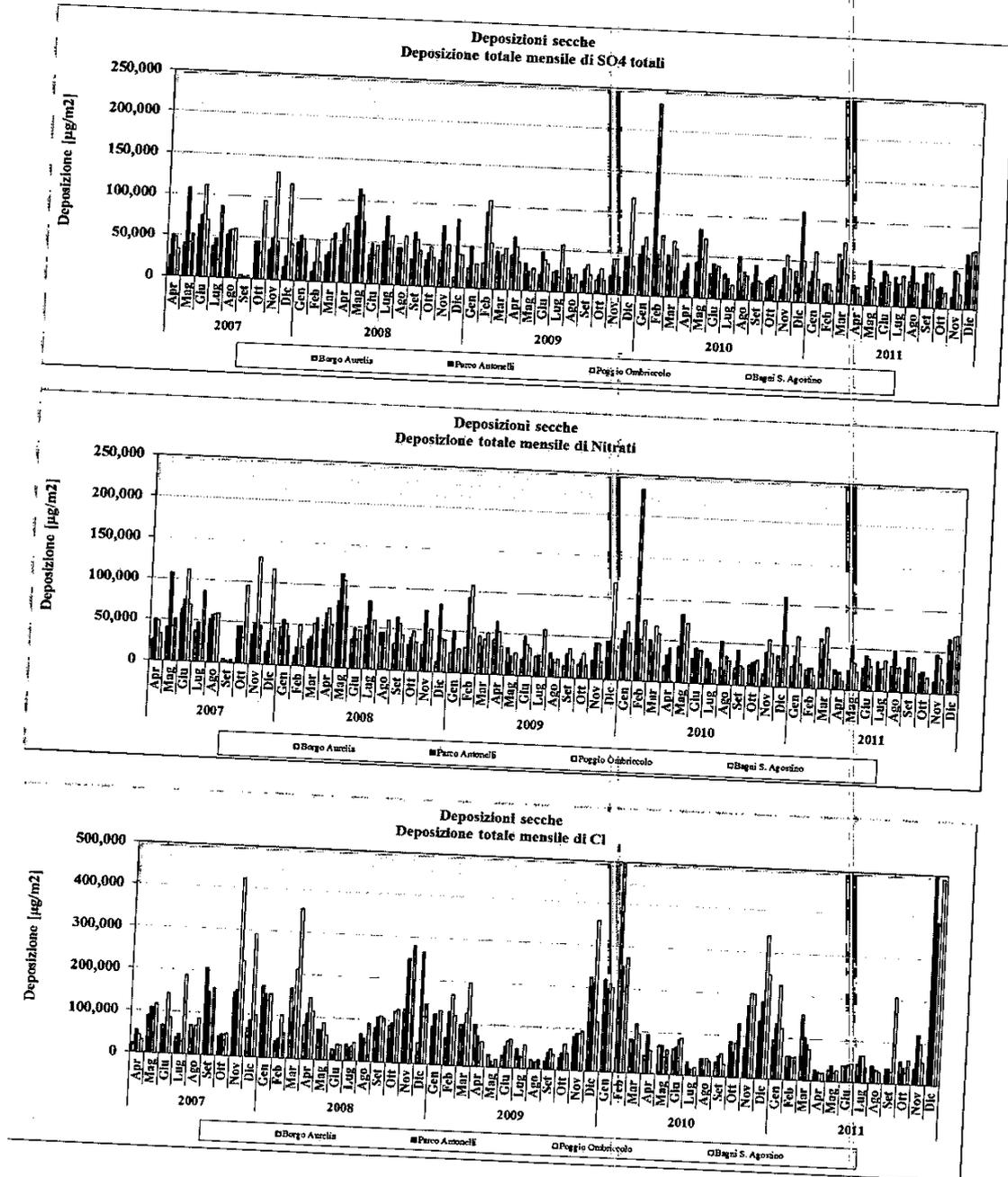


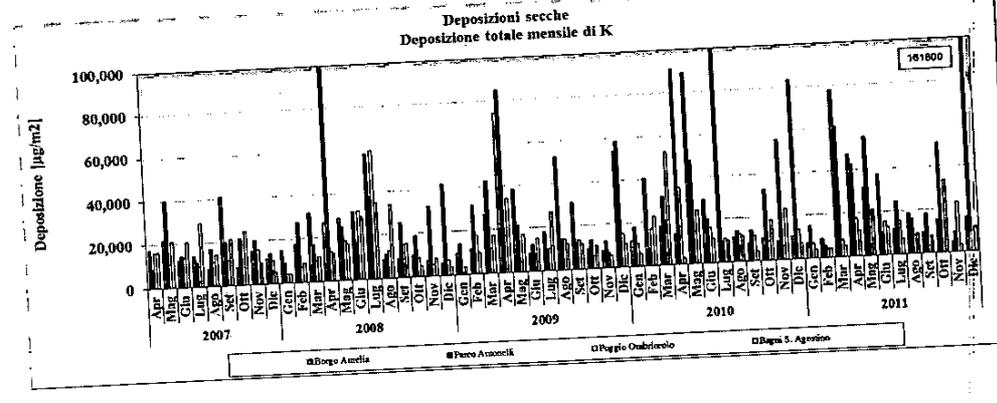
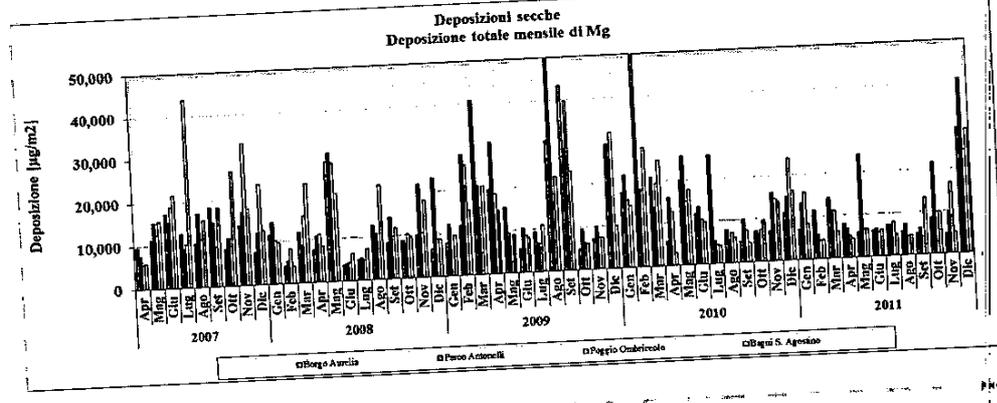
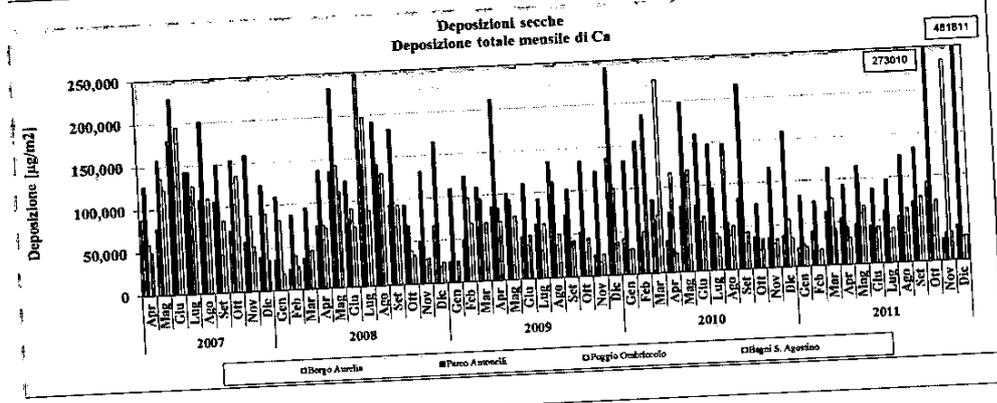
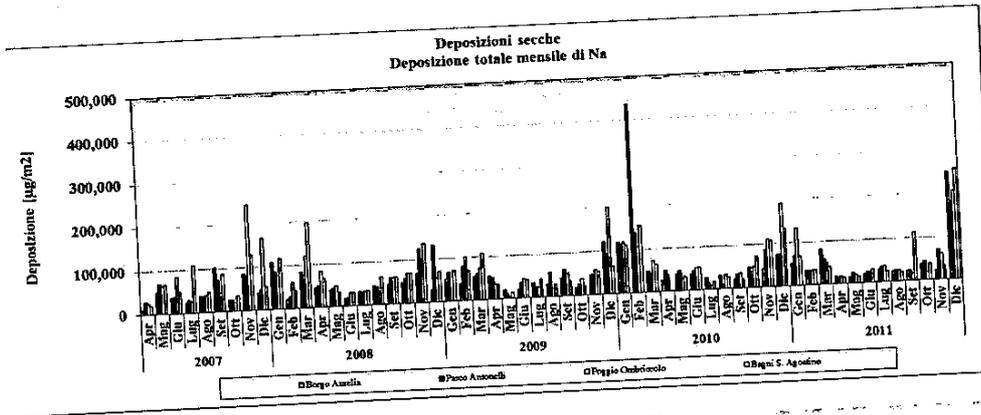


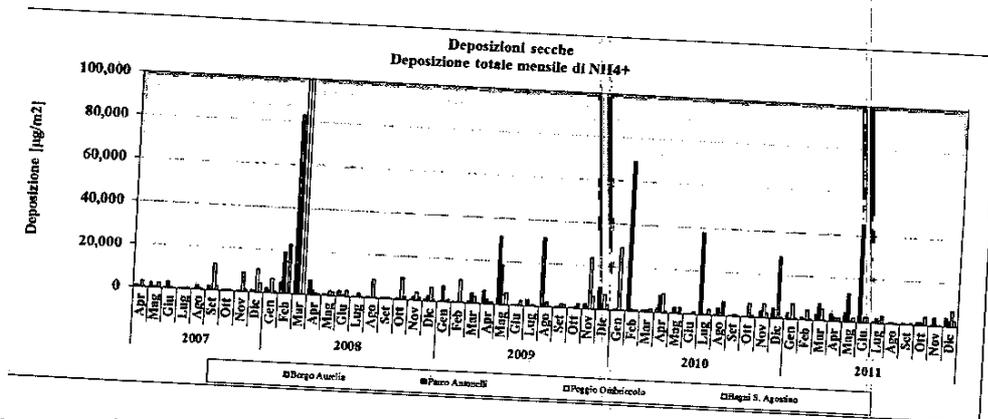
La maggior parte dei metalli pesanti è stata ritrovata nella frazione insolubile della deposizione secca e solo saltuariamente si sono trovate significative quantità di essi nella frazione lisciviabile in acqua. In ottobre a Parco Antonelli si è avuta una deposizione secca di oltre 2400 mg/m<sup>2</sup> di polveri particolarmente ricche di quasi tutti i metalli ad esclusione di Cd e Zn. Tale deposizione ha costituito il massimo assoluto dell'anno di deposizione secca di metalli e, se confrontato con i precedenti andamenti temporali, ha caratteristiche anomale, la cui origine non è chiara. Negli altri mesi le deposizioni secche di metalli sono state in linea con i precedenti andamenti e, facendo riferimento alle tabelle e figure precedenti, si possono fare le osservazioni che seguono:

- le deposizioni secche del 2011 di **Al**, **Mn**, **Ti** e **V** hanno avuto un andamento temporale piuttosto simile paragonabile alle annualità 2008-2010;
- la deposizione secca di **As** è stata quasi sempre al di sotto del limite di rilevabilità, come già avvenuto nel 2010;
- il **Cd** è stato rilevato molto saltuariamente nelle deposizioni secche o a valori molto bassi. Il massimo assoluto (~ 10 µg/m<sup>2</sup>) si è avuto nella postazione di Poggio Ombriccolo nel mese di marzo e anch'esso appare abbastanza anomalo;
- le deposizioni secche di **Cr** sono risultate simili a quelle degli anni precedenti. Per buona parte dell'anno, i massimi mensili di deposizione si sono verificati a Parco Antonelli ed episodicamente a Borgo Aurelia e Poggio Ombriccolo;
- per il **Cu**, i massimi relativi mensili si sono avuti nella postazione di Parco Antonelli, la più influenzata dalle emissioni di traffico veicolare urbano. Come introdotto in precedenza (v. par. 3.2.1), questo risulta significativo in quanto il **Cu** è oggi ritenuto un marker del traffico, almeno in ambiente urbano;
- le deposizioni secche di **Ni** e **Zn** del 2011 risultano paragonabili a quelle dell'anno precedente sia come andamento temporale sia relativamente alla loro entità. Sembra comunque essersi instaurata una tendenza pluriennale ad un trend di decrescita, da confermare nei futuri monitoraggi;
- da segnalare, infine, l'anomala deposizione di **Sb** in gennaio a Borgo Aurelia (oltre 700 µg/m<sup>2</sup>, avente anch'essa una entità assolutamente anomala nel contesto dei precedenti monitoraggi).

Nelle figure che seguono sono mostrati 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**. Queste 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** risultano molto correlate, seguendo una ciclicità già riscontrata nel corso delle annualità precedenti. Una ciclicità simile alle deposizioni di solfati e nitrati è riscontrabile anche per le deposizioni di Na e Cl, ancora con massimi relativi mensili nel periodo invernale in tutte le quattro postazioni;
  - nel 2011 è perdurata ancora una accentuata sistematicità di deposizioni elevate di calcio a Parco Antonelli e ciò è in linea con l'elevata concentrazione relativa di Ca nel PM10 della stessa postazione (v. par. 3.2.2). Fa eccezione solo il mese di novembre in cui il valore maggiore di deposizione di Ca si è registrato nella postazione di Poggio Ombriccolo;
  - anche la deposizione secca di **magnesio** ha avuto un chiaro andamento ciclico correlabile alle deposizioni di sodio e cloro. E' possibile, quindi, che buona parte delle deposizioni di magnesio siano d'origine marina, confermato dai massimi valori dell'anno nel mese di dicembre, coincidente con il massimo delle deposizioni di cloruri e sodio;
  - una deposizione particolarmente elevata di ammonio si è avuta a Borgo Aurelia in giugno, per altro non dissimile da altre deposizioni elevate avvenute saltuariamente in passato nella stessa postazione.

Come già visto per le deposizioni umide (v. par. 3.4.1.1), anche nelle deposizioni secche il valore del rapporto in massa tra sodio e cloruri è spesso molto prossimo a quello dell'acqua di mare, pari a **0.56**. Nella tabella che segue sono stati evidenziati i campioni nei quali il rapporto Na/Cl rimane compreso entro +/- il 10% del rapporto nell'acqua di mare:

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Gen	0.54	0.51	0.59	0.56
Feb	0.57	0.57	0.61	0.59
Mar	0.51	0.55	0.56	0.55
Apr	0.63	0.63	0.82	0.74
Mag	0.52	0.60	0.93	0.58
Giu	0.49	0.62	0.60	0.66
Giu	0.64	0.53	0.57	0.65
Lug	0.64	0.77	0.85	0.81
Ago	0.58	0.66	0.58	0.54
Set	0.64	1.11	0.69	0.66
Ott	0.69	0.58	0.62	0.60
Nov	0.59	0.46	0.53	0.52
Dic	0.50			

Come descritto 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	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	135'879	389'433	219'617	138'248
As	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	6	127	12	6
Be	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	8	19	9	9
Cd	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	4	7	15	3
Co	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	25	64	44	22
Cr	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	698	1'647	481	427
Cu	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	519	1'728	629	321
Hg	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	1	8	4	1
Mn	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	2'551	21'009	5'631	3'085
Ni	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	150	274	132	103
Pb	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	173	572	378	183
Pd	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	6	7	7	9
Pt	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	7	7	6	16
Rh	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	3	3	3	3
Sb	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	740	90	24	18
Se	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	13	18	14	13
Sn	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	226	118	38	135
Te	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	3	3	3	3
Ti	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	8'720	21'107	9'638	7'839
Tl	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	5	8	5	4
V	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	332	955	400	275
Zn	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	4'553	5'397	7'652	6'130
SO4--	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	385'437	478'631	457'160	360'899
NO3-	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	338'208	277'945	516'136	271'121
Cl-	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	1'116'702	1'077'175	1'083'772	1'215'288
Ca	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	613'655	1'707'732	675'271	538'307
Na	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	598'743	597'871	637'419	684'059
Mg	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	112'935	160'464	108'548	103'353
K	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	285'632	470'129	128'855	131'895
NH4+	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	67'330	34'422	31'120	18'230
PO4---	[ $\mu\text{g} / \text{m}^2$ ]	48'183	33'362	11'815	7'150
<b>Metalli pesanti totali</b>	[ $\text{mg} / \text{m}^2$ ]	<b>155</b>	<b>443</b>	<b>245</b>	<b>157</b>
<b>Specie ioniche totali</b>	[ $\text{mg} / \text{m}^2$ ]	<b>3'567</b>	<b>4'838</b>	<b>3'650</b>	<b>3'330</b>
SO4- non marini	[ $\text{mg} / \text{m}^2$ ]	238	332	300	193
SO4- marini	[ $\text{mg} / \text{m}^2$ ]	147	147	157	168
NaCl	[ $\text{mg} / \text{m}^2$ ]	1715	1675	1721	1899

La deposizione secca di metalli pesanti totali nelle quattro postazioni è dell'ordine di 0.2 – 0.5  $\text{g}/\text{m}^2$  di cui il 95 – 97% è costituito da Al, Ti e Zn. I primi due metalli sono elementi tipicamente crostali e rappresentano rispettivamente circa l'8 e lo 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 32 al 54% della deposizione delle specie determinate, come appare anche dalla tabella seguente, in cui i dati sono stati espressi in termini di distribuzione %, raggruppando insieme tutti i metalli pesanti.

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
<b>Metalli pesanti totali</b>	[%]	4.2	8.4	6.3	4.5
NaCl	[%]	46.1	31.7	44.2	54.5
SO4- non marini	[%]	6.4	6.3	7.7	5.5
SO4- marini	[%]	4.0	2.8	4.0	4.8
NO3-	[%]	9.1	5.3	13.3	7.8
NH4+	[%]	1.8	0.7	0.8	0.5
Ca+Mg+K	[%]	27.2	44.3	23.4	22.2

Si noti che la deposizione complessiva di calcio, magnesio e potassio ha rappresentato il 27 e 44 % delle specie analizzate rispettivamente a Borgo Aurelia e a Parco Antonelli e il

22 % nelle altre due postazioni, valori molto simili a quelli del 2010. Nelle prime due postazioni è quindi presumibile l'influenza di una sorgente locale specifica. Si noti anche che i solfati marini sono circa la metà della deposizione di solfati antropogenici a Parco Antonelli e Poggio Ombriccolo mentre a Borgo Aurelia valgono i due terzi dei solfati antropogenici e a Bagni S. Agostino solfati marini e antropogenici sono depositati in quantità quasi equivalente.

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 Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Al	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	377	1082	610	384
As	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.02	0.35	0.03	0.02
Be	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.02	0.05	0.03	0.03
Cd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.01	0.02	0.04	0.01
Co	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.07	0.18	0.12	0.06
Cr	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.94	4.57	1.34	1.19
Cu	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1.4	4.8	1.7	0.9
Hg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.002	0.023	0.010	0.002
Mn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	7.1	58.4	15.6	8.6
Ni	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.42	0.76	0.37	0.29
Pb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.48	1.59	1.05	0.51
Pd	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.02	0.02	0.02	0.02
Pt	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.02	0.02	0.02	0.02
Rh	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.01	0.01	0.01	0.01
Sb	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	2.06	0.25	0.07	0.05
Se	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.04	0.05	0.04	0.04
Sn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.63	0.33	0.11	0.37
Te	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.01	0.01	0.01	0.01
Ti	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	24.2	58.6	26.8	21.8
Tl	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.01	0.02	0.02	0.01
V	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.92	2.65	1.11	0.76
Zn	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	13	15	21	17
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1071	1330	1270	1002
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	939	772	1434	753
Cl <sup>-</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	3102	2992	3010	3376
Ca	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1705	4744	1876	1495
Na	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	1663	1661	1771	1900
Mg	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	314	446	302	287
K	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	793	1306	358	366
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	187	96	86	51
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	134	93	33	20
<b>Metalli pesanti totali</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	<b>0.4</b>	<b>1.2</b>	<b>0.7</b>	<b>0.4</b>
<b>Specie ioniche totali</b>	[ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	<b>9.9</b>	<b>13.4</b>	<b>10.1</b>	<b>9.3</b>
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	[ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.66	0.92	0.83	0.54
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	[ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.41	0.41	0.44	0.47
NaCl	[ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	4.8	4.7	4.8	5.3

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  $\text{mg/m}^2/\text{d}$ :

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
2007 <sup>15</sup>	0.91	0.83	0.69	0.91
2008	0.86	0.91	0.69	0.79
2009	0.79	1.22	0.75	0.71
2010	0.70	0.74	0.72	0.64
2011	0.43	1.23	0.68	0.44

Nel 2011 vi è stata una diminuzione dei ratei di deposizione rispetto agli anni precedenti in tutte le postazioni ad eccezione di quella di Parco Antonelli che ha avuto il massimo rateo di deposizione dal 2007 a causa della anomala deposizione secca avvenuta in ottobre. 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 cristallini.

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

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
2007 <sup>15</sup>	11.4	14.2	16.9	14.6
2008	11.6	15.2	13.3	13.7
2009	10.3	12.6	10.3	9.2
2010	14.9	13.7	12.7	11.9
2011	9.9	13.4	10.1	9.3

I ratei di deposizione secca delle specie ioniche sono diminuiti rispetto al 2010 e sono paragonabili a quelli del 2009. Gran parte della diminuzione è dovuta alla minore deposizione di sali marini e di NaCl in particolare, come si può osservare dalla tabella che segue in cui è mostrata la variazione dei ratei medi annuali di deposizione giornaliera di NaCl, sempre espressi in  $\text{mg/m}^2/\text{d}$ :

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S.Agostino
2007 <sup>15</sup>	4.5	4.6	7.4	6.3
2008	4.4	5.7	5.6	6.9
2009	3.8	4.2	4.6	4.3
2010	7.3	5.4	6.4	6.1
2011	4.8	4.7	4.8	5.3

Su base pluriennale, i ratei di deposizione delle specie ioniche complessive sembrano relativamente stazionari, rimanendo compresi nel periodo dal 2008 al 2011 tra  $9.9\text{-}14.9 \text{ mg/m}^2/\text{d}$  a Borgo Aurelia, tra  $12.6\text{-}15.2 \text{ mg/m}^2/\text{d}$  a Parco Antonelli, tra  $10.1\text{-}13.3 \text{ mg/m}^2/\text{d}$  a Poggio Ombriccolo e tra  $9.3\text{-}13.7 \text{ mg/m}^2/\text{d}$  a Bagni S. Agostino.

### 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  $\text{ng}$  per  $\text{m}^2$ . 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

<sup>15</sup> Per il 2007 i dati di deposizione comprendono solo il periodo aprile-dicembre

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> ]	44	195	<i>18</i>	<i>18</i>	56	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	49	<i>18</i>	221	<i>398</i>
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	106	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>83</i>
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>18</i>	131	<i>18</i>	<i>18</i>	120	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	113
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>
Acenaftilene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>
Acenaftene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>
Fluorene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	95	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	102
Fenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	73	233	204	122	86	106	72	54	46	<i>18</i>	56	318
Antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>18</i>	152	<i>18</i>	<i>18</i>	532	<i>18</i>						
Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	93	156	198	103	49	101	107	71	52	<i>18</i>	54	317
Pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	70	124	147	107	64	68	81	68	<i>18</i>	<i>18</i>	56	243
Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>
Benzo[a]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>18</i>	64	59	83	<i>18</i>	44	48	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	126
Crisene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>18</i>	169	132	91	<i>18</i>	<i>18</i>	47	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	55	234
Benzo[b+]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>53</i>	<i>53</i>	179	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	481
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	290	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>
Perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>
Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>
Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>
Dibenzo[a,h]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>
Dibenzo[a,i]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>
Dibenzo[a, l]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>	<i>53</i>
<b>Totale [ng/m<sup>2</sup>]</b>	<b>1'126</b>	<b>2'000</b>	<b>1'695</b>	<b>1'335</b>	<b>1'293</b>	<b>1'166</b>	<b>1'421</b>	<b>1'136</b>	<b>1'011</b>	<b>917</b>	<b>1'785</b>	<b>3'120</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
Naftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	504	245	18	206	18	84	18	57	18	59	403
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	155	18	18	18	18	18	18	18	18	96
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	413	307	18	605	18	18	18	18	18	18	86
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	150	18	620	18	18	18	18	18	18	18
Acenaftilene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	59	18	18	18	18	18	18	44	18	18	18
Acenaftene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	56	18	18	18	18	18	18	18
2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	114	18	18	18	18
Fluorene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	195	18	18	18	98	85	18	18	18	212
Fenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	100	428	474	703	238	95	107	66	84	104	158	495
Antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	66	214	18	18	18	18	18	18	18	18
1-Metilfenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	192	18	18	18	18	18	18	115	18
Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	124	353	509	212	206	136	161	61	150	221	194	234
Pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	113	397	441	271	208	154	169	72	158	211	226	270
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> ]	51	126	237	200	116	46	68	59	59	121	122	117
Crisene [ng/m <sup>2</sup> ]	125	401	355	180	201	121	106	97	113	228	110	135
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	166	408	53	287	189	53	53	205	462	331	272
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	184	185	53	53	53	53	53	53	158	153	53
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	167	53	128	53	53	53	53	142	53	53
Perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	277	53
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	167	53	53	53	53	53	53	155	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	318	248	53	215	141	164	53	53	192	188	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>1'343</b>	<b>3'967</b>	<b>4'766</b>	<b>2'767</b>	<b>3'685</b>	<b>1'607</b>	<b>1'697</b>	<b>1'348</b>	<b>1'612</b>	<b>2'560</b>	<b>2'515</b>	<b>3'025</b>

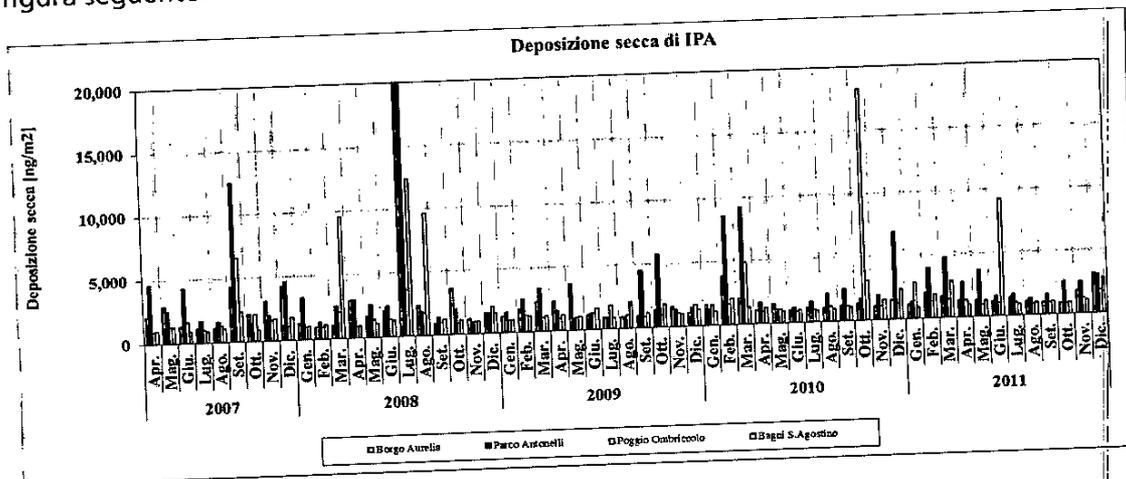
I valori di deposizione secca di IPA riscontrati nella postazione di Poggio Ombriccolo sono mostrati nella tabella sottostante:

Postazione	Poggio Ombriccolo												
	Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Naftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	229	18	18	18	18	18	18	18	18	18	205	325
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	61
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	80
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
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	18
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> ]	78	90	135	51	18	75	18	18	18	18	18	18	155
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	18	352	18	18	18	18	18	18	18	64	18
Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	205	81	125	18	43	51	48	18	43	18	44	169	
Pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	180	59	97	47	18	52	18	18	18	18	18	45	126
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> ]	253	18	46	56	18	18	18	18	18	18	18	18	43
Crisene [ng/m <sup>2</sup> ]	267	69	90	18	18	18	18	18	18	18	18	18	71
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	221	53	177	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	167	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	181	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[a]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	171	53	53	53	53	53	144	53	53	53	53	53	53
Perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	186	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	196	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]	161	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Benzo[g, h, i]perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	190	53	53	53	53	53	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	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>2'862</b>	<b>1'357</b>	<b>1'447</b>	<b>1'353</b>	<b>943</b>	<b>1'042</b>	<b>1'039</b>	<b>917</b>	<b>943</b>	<b>917</b>	<b>1'205</b>	<b>1'807</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	109	71	18	102	18	18	18	48	18	107	264
2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	18	18	18	18	18	67	44	18	18	18
1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	82	18	195	18	18	18	18	18	18	18
2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	18	75	18	18	18	18	18	43	18	18	18
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	18	18	18	18	18	18	18
Fluorene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	50	70	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Fenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	268	307	62	67	18	18	51	47	18	51	247
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	210	44	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	155	282	18	44	18	18	18	44	55	44	282
Pirene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	101	145	18	18	18	18	18	18	18	18	269
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	58	52	60	18	84	18	18	18	18	18	104
Crisene [ng/m <sup>2</sup> ]	18	166	133	18	18	71	18	18	18	18	18	137
Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	219	53	53	3133	53	53	53	53	53	455
Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	53	53	53	1481	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	1169	53	53	53	53	53	53
Perilene [ng/m <sup>2</sup> ]	53	53	790	53	53	2638	53	53	53	53	53	280
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	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	143
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>917</b>	<b>1'893</b>	<b>2'906</b>	<b>1'003</b>	<b>1'254</b>	<b>9'246</b>	<b>917</b>	<b>1'001</b>	<b>1'056</b>	<b>955</b>	<b>1'067</b>	<b>2'834</b>

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



Complessivamente, la deposizione secca di IPA nel 2011 appare molto contenuta e simile a quella dell'anno precedente, salvo alcuni casi sporadici di elevate deposizioni, come avvenuto nella postazione di Bagni S. Agostino a giugno, la cui origine potrebbe essere di quella di un evento locale accidentale, come avvenuto in passato. Escludendo i casi anomali, dal complesso dei risultati del 2011, si possono trarre le seguenti osservazioni:

- le maggiori deposizioni secche di IPA sono avvenute a Parco Antonelli, la postazione urbana, in relativo accordo con quanto accaduto nei monitoraggi precedenti;
- febbraio, marzo e dicembre sono i mesi in cui si sono avute le maggiori deposizioni secche di IPA, anche in questo caso abbastanza in linea con gli andamenti annuali precedenti, sempre escludendo i casi di anomala deposizione;
- 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, 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 comunque risultati in massima parte a livelli inferiori al limite di rilevabilità;

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

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Naftalene	[ng /m <sup>2</sup> ]	1'069	1'645	918	806
2-Metilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> ]	365	427	255	287
1-Metilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> ]	523	1'552	274	454
2,6-Dimetilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> ]	212	947	212	294
Acenaftilene	[ng /m <sup>2</sup> ]	212	280	212	212
Acenaftene	[ng /m <sup>2</sup> ]	212	250	212	212
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> ]	212	308	212	212
Fluorene	[ng /m <sup>2</sup> ]	373	731	212	212
Fenantrene	[ng /m <sup>2</sup> ]	1'386	3'053	690	296
Antracene	[ng /m <sup>2</sup> ]	212	457	212	1'172
1-Metilfenantrene	[ng /m <sup>2</sup> ]	860	484	212	212
Fluorantene	[ng /m <sup>2</sup> ]	1'320	2'562	593	430
Pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	1'063	2'689	861	995
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	212	2'689	694	674
Benzo[a]antracene	[ng /m <sup>2</sup> ]	529	1'323	212	212
Crisene	[ng /m <sup>2</sup> ]	832	2'173	539	481
Benzo[b+j]fluorantene	[ng /m <sup>2</sup> ]	1'189	2'531	639	648
Benzo[k]fluorantene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	635	927	4'284
Benzo[e]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	1'103	750	2'063
Benzo[a]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	873	913	763	635
Perilene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	859	844	1'751
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	851	768	4'184
Dibenzo[a, h]antracene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	635	778	635
Benzo[g, h, i]perilene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	1'731	744	635
Dibenzo[a, e]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	635	773	725
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, j]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	635	635	635
Dibenzo[a, l]pirene	[ng /m <sup>2</sup> ]	635	635	635	635
Totale	[ng/m <sup>2</sup> ]	18'006	30'892	15'833	25'050

La deposizione secca annuale di IPA è stata modesta ed è rimasta compresa tra 16 e 31 µg totali per m<sup>2</sup>, con il minimo di deposizione nella postazione di Poggio Ombriccolo e il massimo a Parco Antonelli, la postazione urbana. Nella tabella che segue, infine, sono riportati i ratei di deposizione secca di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), espressi in ng per m<sup>2</sup> al giorno:

Postazione		Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
Naftalene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	3.0	4.6	2.5	2.2
2-Metilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.0	1.2	0.7	0.8
1-Metilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.5	4.3	0.8	1.3
2,6-Dimetilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	0.6	2.6	0.6	0.8
Acenaftilene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	0.6	0.8	0.6	0.6
Acenaftene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	0.6	0.7	0.6	0.6
2,3,5-Trimetilnaftalene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	0.6	0.9	0.6	0.6
Fluorene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.0	2.0	0.6	0.6
Fenantrene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	3.9	8.5	0.6	0.8
Antracene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	0.6	1.3	1.9	3.3
1-Metilfenantrene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	2.4	1.3	0.6	0.6
Fluorantene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	3.7	7.1	1.6	1.2
Pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	3.0	7.5	2.4	2.8
Ciclopenta[c,d]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	0.6	0.6	1.9	1.9
Benzo[a]antracene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.5	3.7	0.6	0.6
Crisene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	2.3	6.0	1.5	1.3
Benzo[b+j]fluorantene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	3.3	7.0	1.8	1.8
Benzo[k]fluorantene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.8	1.8	2.6	11.9
Benzo[e]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.8	3.1	2.1	5.7
Benzo[a]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	2.4	2.5	2.1	1.8
Perilene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.8	2.4	2.3	4.9
Indeno[1,2,3-cd]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.8	2.4	2.1	11.6
Dibenzo[a, h]antracene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.8	1.8	2.2	1.8
Benzo[g, h, i]perilene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.8	4.8	2.1	1.8
Dibenzo[a, e]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.8	1.8	2.1	2.0
Dibenzo[a, h]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.8	1.8	1.8	1.8
Dibenzo[a, i]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.8	1.8	1.8	1.8
Dibenzo[a, j]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.8	1.8	1.8	1.8
Dibenzo[a, l]pirene	[ng /m <sup>2</sup> /d]	1.8	1.8	1.8	1.8
Totale	[ng/m <sup>2</sup> /d]	50	86	44	70

Nella tabella sottostante sono confrontati i ratei del 2011 con quelli degli anni precedenti 2007-2010. I valori sono espressi in  $ng/m^2/d$ :

	Borgo Aurelia	Parco Antonelli	Poggio Ombriccolo	Bagni S. Agostino
2007 <sup>15</sup>	82	129	64	43
2008	148	205	38	83
2009	54	73	39	43
2010	51	111	97	49
2011	50	86	44	70

I ratei annuali di deposizione secca di IPA sono molto variati nel corso degli anni di monitoraggio sia a causa degli eventi anomali di elevate deposizioni estemporanee sia per le caratteristiche peculiari delle singole postazioni. Escludendo il 2007 in cui il monitoraggio è durato da aprile a dicembre, negli altri anni i ratei sono rimasti compresi tra 50-148  $ng/m^2/d$  a Borgo Aurelia, 73-205  $ng/m^2/d$  a Parco Antonelli, 38-97  $ng/m^2/d$  a Poggio Ombriccolo e 43-83  $ng/m^2/d$  a Bagni S. Agostino. Gli intervalli di fluttuazione dei ratei di deposizione degli IPA appaiono relativamente ampi, in quanto risentono molto degli eventi anomali che innalzano di molto i ratei annuali. Escludendo questi eventi anomali, è molto probabile che i ratei di deposizione abbiano una variabilità molto contenuta.

### 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 2011 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 [ $mg/m^2$ ]	2'840	7'133	4'361	5'242
Metalli pesanti totali [ $mg/m^2$ ]	155	443	245	157
NaCl [ $mg/m^2$ ]	1'715	1'675	1'721	1'899
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini [ $mg/m^2$ ]	238	332	300	193
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini [ $mg/m^2$ ]	147	147	157	168
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ $mg/m^2$ ]	338	278	516	271
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [ $mg/m^2$ ]	67	34	31	18
Ca+Mg+K [ $mg/m^2$ ]	1'012	2'338	913	774
Totale [ $mg/m^2$ ]	6'513	12'380	8'244	8'722

Tenendo conto anche della frazione di particolato sedimentabile non caratterizzato, la deposizione totale secca annua nelle quattro postazioni è rimasta compresa tra 6 e 12  $g/m^2$ , di cui spesso più della metà è dovuta al particolato sedimentabile non caratterizzato, come risulta meglio dalla tabella che segue 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	[%]	43.3	57.5	52.8	60.1
Metalli pesanti totali	[%]	2.4	3.6	3.0	1.8
NaCl	[%]	26.1	13.5	20.8	21.8
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	[%]	3.6	2.7	3.6	2.2
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	[%]	2.2	1.2	1.9	1.9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[%]	5.2	2.2	6.3	3.1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[%]	1.0	0.3	0.4	0.2
Ca+Mg+K	[%]	15.4	18.8	11.1	8.9

Dai dati della tabella precedente, risulta quindi che non è stato caratterizzato il 43 - 60% della deposizione secca a seconda della postazione. Da notare che a Poggio Ombriccolo, i sali marini (NaCl) rappresentano circa il 21% della deposizione secca totale, nonostante si tratti della postazione più lontana dal mare, una percentuale della stessa entità di quella riscontrata a Bagni S. Agostino (22%) e Borgo Aurelia (26%), postazioni molto più prossime al mare. Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione secca, espressi in mg/m<sup>2</sup>/d, aggregando i parametri determinati 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]	8	20	12	15
Metalli pesanti totali	[mg/m <sup>2</sup> /d]	0.4	1.2	0.7	0.4
NaCl	[mg/m <sup>2</sup> /d]	4.8	4.7	4.8	5.3
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	[mg/m <sup>2</sup> /d]	0.7	0.9	0.8	0.5
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	[mg/m <sup>2</sup> /d]	0.4	0.4	0.4	0.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[mg/m <sup>2</sup> /d]	0.9	0.8	1.4	0.8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[mg/m <sup>2</sup> /d]	0.2	0.1	0.1	0.1
Ca+Mg+K	[mg/m <sup>2</sup> /d]	2.8	6.5	2.5	2.1
Totale	[mg/m <sup>2</sup> /d]	18	34	23	24

I ratei annuali di deposizione secca complessiva rimangono quindi compresi tra 23 e 34 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>(16)</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 23÷34 mg/m<sup>2</sup>/d riscontrati nelle postazioni di Civitavecchia nel 2011 e con quelle degli anni precedentemente analizzati. 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-'10 con quelli misurati nella postazione ISS di Roma:

Postazione	Borgo Aurelia					Parco Antonelli				
	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
	As [µg/m <sup>2</sup> /d]	0.81	1.20	0.13	0.06	0.02	1.73	1.27	0.13	0.05
Cd [µg/m <sup>2</sup> /d]	0.45	0.10	0.07	0.02	0.01	0.19	0.09	0.05	0.03	0.02
Ni [µg/m <sup>2</sup> /d]	5.05	2.66	1.23	0.61	0.42	3.29	1.65	1.56	0.53	0.76
Pb [µg/m <sup>2</sup> /d]	2.03	2.48	1.34	0.70	0.48	1.51	2.8	2.65	1.09	1.59

Postazione	Poggio Ombriccolo					Bagni S. Agostino				
	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
	As [µg/m <sup>2</sup> /d]	1.02	1.65	0.13	0.05	0.03	20.42	1.39	0.13	0.05
Cd [µg/m <sup>2</sup> /d]	0.23	0.09	0.05	0.02	0.04	0.32	0.08	0.04	0.02	0.01
Ni [µg/m <sup>2</sup> /d]	3.42	1.56	0.68	0.70	0.37	3.89	1.99	0.69	0.52	0.29
Pb [µg/m <sup>2</sup> /d]	1.4	1.28	0.9	1.60	1.05	0.88	1.06	0.87	0.87	0.51

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 nel 2008-2011 di As, Cd, Ni e Pb sono sempre stati 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 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	Civitavecchia 2010	Civitavecchia 2011
As [µg/m <sup>2</sup> /d]	0.082-0.43	0.22-3.4	2.0 - 4.3	0.81 - 1.73 (*)	1.20 - 1.39	0.13	0.05 - 0.06	0.02 - 0.35
Cd [µg/m <sup>2</sup> /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	0.02 - 0.03	0.01 - 0.04
Ni [µg/m <sup>2</sup> /d]	0.03-4.3	5-11	2.3 - 22	3.3 - 5.1	1.56 - 2.66	0.68 - 1.56	0.52 - 0.70	0.29 - 0.76

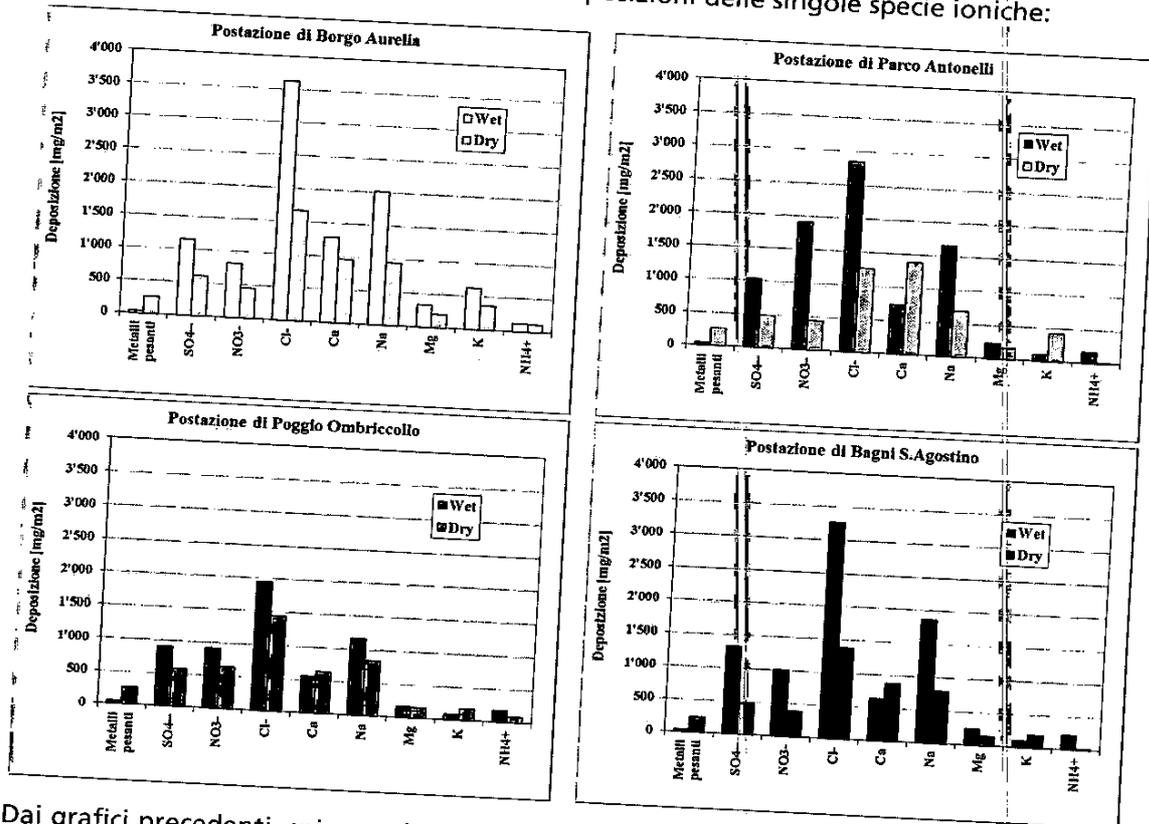
(\*) - È stato escluso un valore anomalo di Bagni S. Agostino

<sup>16</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)

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 2011, 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 l'elevate deposizioni al suolo di cloruri e sodio che anche nel 2011 sono avvenute soprattutto attraverso eventi piovosi, ma in buona parte anche attraverso la deposizione secca di spray marino. 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 nella postazione di Parco Antonelli, nella quale è stato apportato a terra prevalentemente per via umida mentre nelle altre postazioni è stato preferibilmente depositato per via secca.

Nella tabella che segue, è riportata la composizione % delle deposizioni atmosferiche totali avvenute nel 2011, introducendo anche il particolato insolubile che non è stato



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	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	406	1'118	645	417
As	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	4.5	5.7	3.0	4.1
Be	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.1	0.1	0.1	0.1
Cd	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.0	0.1	0.1	0.04
Co	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.1	0.2	0.2	0.1
Cr	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2.5	5.3	2.0	1.8
Cu	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	3.8	6.1	3.2	3.3
Hg	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.2	0.4	0.3	0.3
Mn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	10	61	19	11
Ni	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.7	1.1	0.7	0.7
Pb	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.9	2.0	1.9	1.2
Pd	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.1	0.1	0.1	0.1
Pt	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.1	0.1	0.1	0.1
Rh	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.03	0.04	0.04	0.04
Sb	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2.1	0.3	0.1	0.1
Se	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.1	0.2	0.1	0.1
Sn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.7	0.4	0.2	0.5
Te	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.03	0.04	0.04	0.04
Ti	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	28	61	29	24
Tl	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	0.04	0.1	0.05	0.04
V	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	1.5	3.3	1.7	1.4
Zn	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	30	37	56	41
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	3'170	3'744	3'084	3'427
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2'688	2'562	2'822	2'420
Cl <sup>-</sup>	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	8'970	7'580	5'929	8'865
Ca	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	3'661	6'165	2'555	2'488
Na	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	4'615	4'184	3'372	4'827
Mg	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	834	803	528	678
K	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	2'158	1'502	486	565
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$	537	487	500	483
<b>Metalli pesanti totali</b>	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	<b>0.5</b>	<b>1.3</b>	<b>0.8</b>	<b>0.5</b>
<b>Specie ioniche totali</b>	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>19</b>	<b>24</b>
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	2.0	2.7	2.3	2.2
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	1.1	1.0	0.8	1.2
NaCl	$[\text{mg}/\text{m}^2]$	14	12	9.3	14

#### 4 CONCLUSIONI

Il quinto anno di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico del comprensorio di Civitavecchia ha permesso di arricchire ulteriormente 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 dal 2007 al 2010. Nel seguito si riportano i principali andamenti riscontrati per il 2011.

##### Particolato PM10:

- l'intervallo dei dati di concentrazione media annuale di PM10 nelle quattro postazioni è rimasto compreso tra i  $16.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della postazione rurale di Poggio Ombriccolo e i  $30.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della postazione urbana di Parco Antonelli. Anche per il 2011, nelle postazioni di Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino la polverosità media è stata in entrambe di circa  $20\text{-}21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valori di concentrazione intermedi tra quelli delle altre due postazioni e molto prossimi a quelli calcolati per l'intero comprensorio. La polverosità media annuale ricavata mediando tutti i dati delle quattro postazioni è risultata circa 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 ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), del 2008-2009 ( $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e del 2010 ( $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). I superamenti della soglia giornaliera di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sono stati sedici a Parco Antonelli, due a Borgo Aurelia e a Bagni S. Agostino e uno a Poggio Ombriccolo. Il numero dei superamenti, dopo un 2010 caratterizzato da pochi fenomeni, è tornato confrontabile con il 2009 e si sono riscontrati almeno due episodi di superamento attribuibili ad eventi di apporto di sabbie sahariane in marzo e novembre;
- per quanto riguarda i metalli pesanti, quelli presenti in maggiore concentrazione sono Al, Ti e Zn, i primi due sicuramente associabili ad apporti terrigeni. Gli altri metalli sono presenti nel PM10 a concentrazioni decisamente minori e gli andamenti riscontrati sono in linea con quelli degli anni precedenti, considerata la normale variabilità ambientale. Nessuno tra i metalli previsti dalla normativa italiana o dai valori guida della qualità dell'aria di WHO ha superato il proprio valore limite od obiettivo;
- 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 anche se in minore misura rispetto al 2010, che si riflette anche sul tenore di solfati totali, in quanto in determinati periodi e situazioni meteorologiche, un'alta percentuale dei solfati può essere di origine marina. Anche nel 2011 è visibile il tipico ciclo stagionale dei solfati con massimi nei mesi estivi e minimi in quelli invernali.

##### Idrocarburi aromatici policiclici (IPA) nel PTS:

- gli IPA presenti nell'atmosfera di Civitavecchia sono prevalentemente costituiti da composti relativamente leggeri, da 2 a 4 anelli condensati 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, rappresentando solo l'11 - 14 % degli IPA totali in tutte le postazioni;
- considerando anche i dati del 2007-'10, è visibile un ciclo di crescita stagionale degli IPA con massimi nei mesi invernali. Un lieve rialzo delle concentrazioni medie mensili

degli IPA avviene anche in estate, probabilmente 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 2.6 ng/m<sup>3</sup> di Poggio Ombriccolo e i 9.2 ng/m<sup>3</sup> di Parco Antonelli, con una media mensile per tutte le postazioni di 5.8 ng/m<sup>3</sup> in linea con i periodi precedenti di monitoraggio;
- il **benzo(a)pirene**, l'unico IPA normato dalla legislazione italiana, è stato rilevato solo episodicamente nel periodo invernale e più frequentemente nella postazione di parco Antonelli, peraltro a bassa concentrazione e ben al di sotto del valore limite di 1 ng/m<sup>3</sup>;

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

- nel 2011, complessivamente si sono avuti 25 eventi umidi settimanali alcuni con pH acidi;
- i ratei di deposizione giornaliera del 2011 dei metalli (0.06-0.08 mg/m<sup>2</sup>/d a seconda della postazione) e di specie ioniche (9-17 mg/m<sup>2</sup>/d) risultano confrontabili con quelle degli anni precedenti se non inferiori;
- per quanto riguarda i **metalli pesanti**, i loro andamenti temporali sono confrontabili con quelli dei monitoraggi precedenti e nel 2011 le maggiori deposizioni si sono avute in gennaio a Borgo Aurelia, in marzo a Parco Antonelli, in luglio a Poggio Ombriccolo e in dicembre a Bagni S. Agostino;
- anche l'andamento temporale delle deposizioni di **specie ioniche** (metalli alcalini terrosi, ammonio e anioni) è stato simile a quello degli anni precedenti ed è risultata ancora molto accentuata la presenza di sali marini, che rappresentano di gran lunga la specie in assoluto più abbondante depositata dagli eventi umidi, in particolare di NaCl, che su base annua rappresenta oltre il 50 % delle specie ioniche depositate;
- gli **IPA** sono stati riscontrati in concentrazioni modeste e ciò si è tradotto in deposizioni annuali comprese tra 32 e 57 µg totali per m<sup>2</sup> a seconda della postazione, corrispondenti a ratei di deposizione di 86 – 155 ng/m<sup>2</sup>/d, valori confrontabili con quelli degli anni precedenti.

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

- il rateo di deposizione secca di particolato totale sedimentabile è rimasto compreso tra 23 e 34 mg/m<sup>2</sup>/d, leggermente in diminuzione rispetto ai valori del 2010 (25-43 mg/m<sup>2</sup>/d);
- la frazione insolubile della deposizione secca contiene la massima parte dei **metalli pesanti** di cui gli elementi maggioritari sono Al, Mn, Ti e Zn. La somma della deposizione secca di Al, Ti e Zn costituisce il 95 – 97% dell'intera deposizione dei metalli pesanti;
- Al, Mn, Ti e V sembrano avere avuto lo stesso andamento temporale e potrebbero pertanto avere sorgenti comuni probabilmente da apporti di frazioni minerali;
- la deposizione secca di **As, Cd, Ni e Pb**, metalli rilevanti ai fini dell'esposizione umana, è stata paragonabile a quella degli anni precedenti con valori spesso inferiori al loro limite di rilevabilità in aria;
- relativamente ai metalli va ancora segnalato un evento anomalo di deposizione di Sb avvenuto a gennaio solo a Borgo Aurelia, una elevata ed anomala deposizione della maggior parte dei metalli analizzati nella postazione di Parco Antonelli in ottobre ed il perdurare di valori massimi relativi mensili di Cu nella postazione di Parco Antonelli, la più influenzata dalle emissioni di traffico veicolare urbano e comunque con un andamento simile a quello degli anni precedenti.
- 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 dell'ordine di 1700-1900 mg/m<sup>2</sup> nell'anno, anche se risulta in diminuzione rispetto al 2010 (1900-2600 mg/m<sup>2</sup>). Da notare che la postazione di Poggio Ombriccolo, la più lontana dal mare delle quattro, subisce anch'essa ingenti apporti di spray marino nello stesso ordine di grandezze delle altre quattro postazioni;

- le deposizioni secca totale di IPA è stata molto modesta ed è rimasta compresa tra 16 e 31 µg/m<sup>2</sup> annui a seconda della postazione, con il minimo di deposizione nella postazione di Poggio Ombriccolo e il massimo a Parco Antonelli, la postazione urbana;
- il particolato insolubile non caratterizzato ha rappresentato dal 43 al 60 % dell'intera deposizione secca di particolato sedimentabile totale. Questa frazione 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.

Infine, una valutazione del trend pluriennale delle concentrazioni in aria o delle deposizioni atmosferiche delle specie chimiche analizzate ha messo in evidenza una sostanziale stazionarietà dei loro valori o una loro tendenza alla diminuzione rispetto ai primi anni di monitoraggio. Solo in casi limitatissimi si nota un aumento di un parametro comune a tutte le postazioni come può essere il caso della concentrazione di Ti nel PM10 associabile comunque alla componente terrigena del PM10 (il Ti è il metallo più abbondante dopo O, Si, Al, Fe, Ca, Mg e K) considerato anche l'andamento temporale della sua concentrazione che nel 2011 è stata simile a quella del PM10.

Si può quindi concludere, che il comprensorio di Civitavecchia non ha subito sostanziali influenze correlabili con l'entrata in servizio dei tre gruppi della Centrale termoelettrica di Torrevaldaliga Nord completata nell'agosto 2010.