



Preg.mi

- **Comune della Spezia**
Dipartimento Territorio e politiche ambientali -
Servizio Ambiente
protocollo.comune.laspezia@legalmail.it
- **Comune di Arcola**
comune.arcola@legalmail.it
- **Provincia della Spezia**
Settore ambiente
protocollo.provincia.laspezia@legalmail.it
- **Regione Liguria**
Dipartimento Ambiente
protocollo@pec.regione.liguria.it
- **ISPRA**
Servizio Interdipartimentale per Indirizzo,
Coordinamento e Controllo Attività Ispettive
protocollo.ispra@ispra.legalmail.it
- **Ministero dell' Ambiente e della Tutela del
Territorio e del Mare**
Direzione Generale Valutazione Ambiente
DVA-II@minambiente.it
- **A.S.L. n. 5 "Spezzino"**
Dipartimento di Prevenzione
S.C. Igiene e Sanità Pubblica
protocollo.generale@pec.asl5.liguria.it
- **Istituto Superiore di Sanità**
protocollo.centrale@pec.iss.it
- **Soc. ENEL Produzione S.p.A.**
LA SPEZIA (SP)
enel_produzione_ub_laspezia@pec.enel.it

OGGETTO: Soc. ENEL Produzione S.p.A. – CTE della Spezia – Report campagne 2016 delle deposizioni atmosferiche.

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia
Tel. +39 0187 28141 - fax. +39 01872814230
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
fabriza.colonna@arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
BS OHSAS 18001
Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato





ARPAL

Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure



Si trasmette in allegato il “**Report monitoraggio prescrizione 14 - anno 2016**” effettuato in collaborazione con GESI, prescritto al par. 10.3.1 punto 14) dell’A.I.A.Soc. ENEL Produzione S.p.A. n. 244 del 06/09/2013.

Si comunica che tale Report è disponibile sul sito internet dell’Agenzia <http://www.arpal.gov.it>.

Il Direttore del Dipartimento Provinciale della Spezia

Firmato digitalmente da

FABRIZIA COLONNA

CN = COLONNA, Fabrizio
O = ARPAL/01305930107
C = IT

Il Dirigente Responsabile U.O Territorio: dott.ssa. F.Colonna
Il Dirigente Responsabile Settore Agenti Fisici-Inquinamento Atmosferico: dott.G.C. Leveratto
Estensore Provvedimento: dott. R.Cresta

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia
Tel. +39 0187 28141 - fax. +39 01872814230
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
fabrizia.colonna@arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Centrale Termoelettrica della Spezia

Attuazione della prescrizione 14 paragrafo 10.3.1 dell'AIA n.244 del 06/09/2013



Gennaio 2018

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Indice

1. PREMESSA.....	4
2. LA PRESCRIZIONE 14.....	5
2.1 Attuazione della Prescrizione 14.....	5
2.2 Numero e durata delle “campagne annuali di monitoraggio” del 2016	6
2.2.1 Eventi accidentali durante il monitoraggio del 2016	7
2.3 Postazioni di monitoraggio	8
2.4 Tipi di deposimetri utilizzati.....	10
2.5 Parametri chimici, metodi e validazione dei dati.....	11
2.5.1 Metalli.....	11
2.5.2 IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici).....	11
2.5.3 PCDD/F e PCB dl	12
2.5.4 Suddivisione delle attività analitiche per il 2016	14
2.6 Analisi integrative rispetto alla prescrizione AIA	14
2.7 Validazione dei risultati.....	15
3. INQUADRAMENTO METEOROLOGICO.....	16
3.1 Caratteristiche meteorologiche generali del periodo relativo alle campagne di monitoraggio previste dalla Prescrizione 14.....	16
3.1.1 Andamento della temperatura e dell'umidità	21
3.1.2 Anemometria	23
3.1.3 Precipitazioni	30
3.1.4 Confronto tra dati pluviometrici e precipitazioni raccolte dai deposimetri	32
3.2 Caratteristiche meteo generali delle campagne suppletive effettuate a Melara.....	35
3.2.1 La situazione meteo nel corso della campagna P14 16/A (27/04/2016 ÷ 30/05/2016)	35
3.2.2 La situazione meteo nel corso della campagna P14 16/B (30/05/2016 ÷ 28/06/2016)	36
3.2.3 La situazione meteo nel corso della campagna P14 16/C (01/09/2016 ÷ 30/09/2016)	37
3.2.4 La situazione meteo nel corso della campagna P14 16/D (30/09/2016 ÷ 31/10/2016)	37
3.2.5 La situazione meteo nel corso della campagna P14 16/E (31/10/2016 ÷ 01/12/2016)	39
4. OPERATIVITÀ DELLA CENTRALE ENEL DURANTE LE CAMPAGNE.....	40
5. RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE DELLE DEPOSIZIONI.....	51
5.1 Ratei di deposizione delle polveri e entità precipitazioni.....	51
5.1.1 Valutazione della entità della polverosità depositata nel 2016.....	54
5.2 Metalli nelle deposizioni di polveri.....	55
5.2.1 Ratei di deposizione dei metalli	55
5.2.2 Concentrazioni di metalli nelle polveri depositate.....	59
5.3 Attualizzazione dati di polveri e metalli pregressi rilevati a Fossamastra	65
5.3.1 Deposizione di polveri.....	65
5.3.2 Rateo di deposizione dei metalli.....	66
5.4 Composti organici nelle deposizioni di polveri	67
5.4.1 Ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA).....	68
5.4.2 PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri	77
5.5 Specie ioniche nelle deposizioni di polveri	89
5.6 Analisi dati rilevati dalla postazione fissa MELARA annuale.....	93
5.6.1 Rateo di deposizione di polveri.....	93
5.6.2 Contenuto di metalli e specie ioniche	94
6. ANDAMENTO E CARATTERIZZAZIONE DEL PM10	97
6.1 Caratterizzazione chimica del PM10.....	102
6.1.1 Contenuto di metalli nel PM10.....	103
6.1.2 Contenuto di benzo[a]pirene nel PM10.....	109
6.1.3 Contenuto di levoglucosano, carbonio elementare e organico nel PM10.....	111

7. SINTESI DEI RISULTATI DEI MONITORAGGI 2014-2016	118
7.1 Ratei di deposizione delle polveri	120
7.2 Metalli nelle deposizioni di polveri.....	123
7.2.1 Ratei di deposizioni stagionali dei metalli.....	123
7.2.2 Concentrazioni di metalli nelle polveri depositate negli anni.....	127
7.3 Composti organici nelle deposizioni di polveri.....	132
7.3.1 Ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA).....	132
7.3.2 Ratei di deposizione di benzo(a)pirene.....	135
7.4 PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri.....	137
7.5 Specie ioniche nelle deposizioni delle polveri.....	141
7.6 Andamento del PM10, metalli e specie organiche.....	144
7.7 Caratterizzazione chimica del PM10.....	147
7.7.1 Contenuto di metalli nel PM10.....	148
7.7.2 Contenuto di benzopirene nel PM10	151
7.7.3 Contenuto di EC/OC e Levoglucosano nel PM10	152
8. SINTESI E CONCLUSIONI	156
8.1 Sintesi monitoraggio 2016.....	156
8.2 Sintesi e conclusioni del triennio 2014 ÷ 2016.....	161
9. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	168

Elenco Appendici

- APPENDICE 1** – Fattori di tossicità di PCDD, PCDF E PCB.
- APPENDICE 2** – Precipitazioni durante i periodi di monitoraggio.
- APPENDICE 3** – Correlazioni metalli nelle singole postazioni.
- APPENDICE 4** – Circolazione dei venti del 23/03/16.
- APPENDICE 5** – Concentrazione del PM10 nelle postazioni di Chiappa, Le Grazie e Follo.
- APPENDICE 6** – Descrizione delle postazioni.
- APPENDICE 7** – Tabelle di sintesi deposizione e composizione 2014 ÷ 2016.
- APPENDICE A7.1** – Ratei di deposizione di polveri nelle postazioni di monitoraggio.
- APPENDICE A7.2** – Ratei di deposizione dei metalli.
- APPENDICE A7.3** – Concentrazioni dei metalli nelle polveri depositate.
- APPENDICE A7.4** – Ratei di deposizione degli IPA.
- APPENDICE A7.5** – Ratei di deposizione degli IPA totali, della Norma UNI e del B(a)P.
- APPENDICE A7.6** – Ratei di deposizione di PCDD/F - Valori in $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$.
- APPENDICE A7.7** – Ratei di deposizione di PCB - Valori in $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$.
- APPENDICE A7.8** – Ratei di deposizione di PCDD/F e PCB dl - Valori in $\text{pg TEQ}/\text{m}^2/\text{d}$.
- APPENDICE A7.9** – Ratei di deposizione delle specie ioniche.
- APPENDICE 8** – Validazione dei dati di metalli nei deposimetri.
- APPENDICE 9** – Validazione dei dati di PM10.

Elenco Allegati

- ALLEGATO 1** – Protocollo di attuazione delle prescrizioni 14 e 18.
- ALLEGATO 2** – Approfondimenti relativi alla particolarità rilevata presso il sito di Baccano di Arcola.

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



1. Premessa

La Centrale ENEL Eugenio Montale della Spezia ha ricevuto l'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) per il suo esercizio con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 06/09/2013 (prot. 0000244). Nel parere della Commissione Istruttoria IPPC parte integrante della AIA, nel paragrafo 10 sono contenute una serie di prescrizioni. In particolare, la prescrizione 14 del parere della Commissione Istruttoria IPPC prevede:

“Si prescrive l'implementazione di campagne annuali di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche, da realizzarsi con ARPAL e Amministrazione Comunale, per il dosaggio di metalli (As, Pb, Cd, Ni, V, Cu, Cr, Mn, Hg e Tl), IPA cancerogeni, diossine e furani e PCB, con particolare riferimento a dioxin like. Anche garantendo la piena collaborazione con Enti Locali ed ARPAL per l'attualizzazione dell'esistente PRQA”.

Al fine di definire e condividere le modalità operative da mettere in atto per ottemperare a quanto prescritto si sono tenuti una serie di incontri che hanno portato alla definizione da parte degli Enti coinvolti (ARPAL, Comune di Arcola, Comune della Spezia, Provincia della Spezia) di un Protocollo di Attuazione della prescrizione 14 condiviso con il Gestore (società ENEL Produzione S.p.A., Centrale della Spezia) e CESI (verbale del 16/04/2014 numero protocollo del comune della Spezia 8982 del 27/05/2014).

Il Gestore ha incaricato CESI, in qualità di società di consulenza specialistica, di collaborare con ARPAL nell'esecuzione dei monitoraggi concordati nel Protocollo di Attuazione.

Nel presente rapporto, dopo un richiamo ai contenuti del protocollo di attuazione della prescrizione, sono presentati i risultati ottenuti e le elaborazioni condotte.

2. La Prescrizione 14

Per l'attuazione della prescrizione 14, ARPAL ha condotto un percorso condiviso con gli Enti Locali con ENEL e con CESI, che ha preso in considerazione i seguenti aspetti:

- definizione del numero e durata delle campagne annuali;
- individuazione delle postazioni di monitoraggio, in funzione delle loro caratteristiche;
- tipo di deposimetri da utilizzare nelle campagne in funzione dei parametri da monitorare;
- parametri chimici da monitorare e modalità di suddivisione del lavoro analitico;
- individuazione delle stazioni meteorologiche più adatte a descrivere le caratteristiche meteorologiche dei periodi di monitoraggio;
- modalità di validazione dei dati;
- modalità di elaborazione dei risultati analitici e meteorologici;
- raccolta di dati ed informazioni sulle sorgenti presenti sul territorio da utilizzare per la stesura dei commenti e delle valutazioni dei monitoraggi.

2.1 Attuazione della Prescrizione 14

Il disegno sperimentale è stato formalizzato in un protocollo di attuazione, condiviso ed approvato dagli Enti Locali (verbale del 16/04/2014, numero prot. del Comune della Spezia 8982 del 27/05/2014), i cui contenuti sono riportati nei paragrafi che seguono, con esplicitazione dei dettagli applicativi.

Nel 2014 si è fatto ricorso ad un ampio disegno sperimentale per ottenere un numero sufficiente di informazioni sulle caratteristiche delle deposizioni nel comprensorio della Spezia, tale approccio è proseguito con le campagne del 2015 e del 2016.

Il monitoraggio ha riguardato il particolato atmosferico in quanto gli inquinanti potenzialmente tossici per l'uomo e indicati dal protocollo di attuazione sono adsorbiti sulla superficie delle particelle di diversa frazione granulometrica.

Il particolato può essere raccolto con strumentazioni che selezionano granulometrie diverse:

- i **deposimetri tipo "Bulk"** (UNI EN 15841:2010) raccolgono soprattutto la somma delle particelle sedimentabili per via secca e quelle dilavate dalle precipitazioni. Tali particelle sono in genere caratterizzate da una granulometria relativamente elevata e pertanto tendono a sedimentare per effetto della forza di gravità ed eventualmente sollevarsi su sollecitazione esterna;
- i **campionatori PTS, PM10, PM2,5** raccolgono le particelle sospese in aria con un sistema attivo di selezione di taglio granulometrico. Tali particelle sono costituite da una miscela complessa, multi fase, di tutti i solidi aerodispersi e delle particelle liquide a bassa tensione di vapore e hanno dimensioni tali da restare in sospensione per un tempo più elevato delle particelle sedimentabile raccolte con i deposimetri.

Nel dettaglio i campionatori PTS (polveri totali sospese) raccolgono le polveri disperse in aria aventi un diametro aerodinamico in genere minore o uguale a 100 µm; i campionatori PM10 quelle aventi un diametro aerodinamico minore o

uguale a 10 μm ; i campionatori PM_{2,5} quelle aventi un diametro aereodinamico minore o uguale a 2,5 μm .

Nel protocollo attuativo della **prescrizione 14** che riguarda il monitoraggio di un'area vasta di dimensioni quasi provinciali per valutare l'impatto dovuto alle emissioni della centrale ENEL si è definito di effettuare la speciazione chimica delle deposizioni¹ e di integrarla con campionamento ed analisi del PM₁₀ per valutare la distribuzione degli inquinanti anche sulle particelle più pericolose in quanto raggiungono le prime vie aeree dell'uomo.

Ad integrazione di quanto sopradetto, si segnala che il protocollo attuativo della **prescrizione 18** riguarda invece il monitoraggio di un'area limitata legata ai possibili impatti delle attività di movimentazione del carbone, dallo scarico nave all'ingresso in centrale ENEL, si è definito di effettuare la speciazione chimica delle deposizioni e di integrarla con campionamento ed analisi del PTS in quanto le eventuali particelle più piccole di carbone hanno dimensioni in gran parte superiori ai 10 μm e quindi non sarebbero rilevabili con campionatori PM₁₀.

2.2 Numero e durata delle “campagne annuali di monitoraggio” del 2016

Il Protocollo prevede l'attuazione di “campagne annuali di monitoraggio” che comprendano due congrui periodi di rilevazione, uno in periodo estivo e uno in periodo invernale, al fine di includere i due periodi più significativi dal punto di vista meteorologico.

Nel 2016 sono state eseguite due campagne invernali (da febbraio ad aprile) e due campagne estive (da fine giugno ad agosto).

Nel prospetto che segue sono elencati i periodi di monitoraggio effettuati nel corso del 2016 includendo anche quelli della prescrizione 18:

Prescrizione 14			Prescrizione 18		
Data	Codifica	Note	Data	Codifica	Note
26/02 – 30/03/16	P14 16/1	Campagna invernale	-	-	-
30/03 – 27/04/16	P14 16/2	Campagna invernale	04/03 - 06/04/16	P18 16/1	Campagna invernale
28/06 – 27/07/16	P14 16/3	Campagna estiva			
27/07 – 01/09/16	P14 16/4	Campagna estiva	17/07 - 24/08/16	P18 16/2	Campagna estiva

Tabella 1 - Campagne di misura della Prescrizione 14 e 18.

Nel corso dell'anno 2016 è stato inserito il monitoraggio delle deposizioni totali, con campagne mensili a copertura di tutto l'anno, nella postazione di MELARA. La postazione è stata implementata in quanto la zona risulta, dal modello diffusionale

¹ Ad ulteriore rafforzamento delle scelte condivise va rilevato che la direttiva 2004/107/CE, recepita dal Dlgs 155/2010, ha introdotto la misura delle deposizioni come attività di monitoraggio utile per la valutazione dell'accumulo degli inquinanti nel suolo e dell'esposizione indiretta della popolazione attraverso la catena alimentare. Essa prevede che gli stati membri si adoperino per la raccolta di informazioni esaurienti in merito ai valori di deposizione di arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici, considerati critici per la loro tossicità in quanto riconosciuti come cancerogeni e genotossici.

realizzato ai sensi della prescrizione AIA n.15, interessato dalla probabilità massima di ricaduta delle emissioni della Centrale ENEL.

Nel prospetto che segue sono indicate le campagne integrative.

Prescrizione 14	
Data	Codifica
27/04 – 30/05/16	ME_A_P14 16
30/05 – 28/06/16	ME_B_P14 16
01/09 – 28/09/16	ME_C_P14 16
28/09 – 28/10/16	ME_D_P14 16
28/10 – 01/12/16	ME_E_P14 16

Tabella 2 - Campagne di misura integrative della Prescrizione 14.

La postazioni di Melara, quindi, è rimasta attiva con continuità per tutto l'anno.

2.2.1 Eventi accidentali durante il monitoraggio del 2016

Durante le campagne di monitoraggio del 2016 si sono avuti alcuni eventi accidentali descritti di seguito.

- Incendio verificatosi il giorno **23/03/2016** durante il corso della **P14 16/1** che ha influenzato la postazione di Fossamastra e secondo l'analisi della rosa dei venti giornaliera, anche la postazione di Maggiolina; nella stessa data a causa di lavori nell'ambito della realizzazione del nuovo molo Pagliari, in adiacenza alla Banchina di movimentazione del carbone di ENEL, si è evidenziato un aumento della polvere più grossolana che ha interessato l'area di Fossamastra (appendice 4);
- Incendio di mezzo ettaro di bosco il **16/04/2016** durante il corso della **P14 16/2** in località Pianazze a ridosso della Centrale;
- Incendio della fonderia Patrone verificatosi il giorno **19/04/2016** durante il corso della **P14 16/2** che potrebbe aver condizionato la deposizione totale raccolta presso le postazioni urbane di Saint Bon e Chiappa;



Figura 1 – Incendio del 19 aprile 2016 nel quartiere della Chiappa.

- Eventi rilevanti di 'Saharan Dust' nei giorni 31/03/2016 (e con interessamento di gran parte della prima settimana del mese) e 16/04/2016 durante il corso della **P14 16/2**.

2.3 Postazioni di monitoraggio

La scelta delle postazioni, effettuata nel 2016, ha preso in considerazione le loro caratteristiche tecniche e logistiche, tenendo presente anche i criteri generali di microscala ed i possibili impedimenti dovuti ad ostacoli naturali o antropici, in modo da includere almeno una postazione per tipologia significativa (fondo urbano e suburbano, traffico, industriale, ecc.). L'elenco delle postazioni utilizzate nelle campagne del 2016 è riportato nella Tabella 3 con le strumentazioni già esistenti e quelle integrate per lo svolgimento delle campagne.

Postazione	Tipologia ARPAL	Significatività per le deposizioni	Strumentazione esistente	Integrazione strumentazione meteo ²	Integrazione strumentazione qualità aria
Chiappa	Fondo suburbana	Postazione di "bianco"	NOx e O ₃	VV, DV 10 m, TA, UR, PA, PR	PM10 (campionamento su filtro per 24 ore)
Fossamastra	Industriale urbana	Deposizioni industriali, traffico, porto.	SO ₂ , NOx, CO, PM10, PM2,5	-	strumento per contare traffico
Parco della Maggiolina	Fondo urbana	Fondo cittadino	SO ₂ , NOx, CO, O ₃ , PM10 & PM2,5 (giornaliero & orario)	-	-
Piazza Saint Bon	Traffico urbana	Traffico urbano	NOx, Benzene, PM10	-	-
Le Grazie	(ex RRQA ENEL)	Deposizioni Industriali	SO ₂ , NOx	VV, DV 10 m, TA, UR, PA, PR, RN, RG	PM10 (campionamento su filtro per 24 ore)
Follo ³	(ex RRQA ENEL)	Deposizioni Industriali	-	VV, DV 4 m,	PM10 (campionamento su filtro per 24 ore)
Bolano	(ex RRQA ENEL)	Deposizioni Industriali	SO ₂ , NOx, O ₃	VV, DV 10 m, TA, UR, PA, RG	-
Arcola, località Baccano	-	Richiesta da Comune Arcola	-	-	-

Tabella 3 - Postazioni di misura della Prescrizione 14.

A Fossamastra invece è stato aggiunto un secondo deposimetro in posizione elevata solo per la determinazione dei composti INORGANICI. Nel paragrafo 5.3 verrà riportato il confronto sia per il contenuto della polvere che dei metalli.

Nel 2016 inoltre, sono state effettuate con l'utilizzo dei laboratori mobili di ARPAL anche campagne puntuali elencate in Tabella 4 per valutare eventuali pressioni in alcuni punti critici del territorio in linea con l'anno precedente.

2 VV, DV x m=Velocità e Direzione Vento a x m da terra; TA=Temperatura Aria; UR=Umidità Aria; PA=Pressione Atmosferica; PR= Precipitazioni; RN=Radiazione Netta; RG=Radiazione Globale.

3 La strumentazione integrativa è stata posizionata in prossimità della cabina di monitoraggio della Rete di Qualità dell'Aria gestita da ARPAL, non attiva da giugno 2013, e riattivata a gennaio 2016 a cura delle proprietà (ENEL Produzione).

Postazione	Campagna	Significatività per le deposizioni	Strumentazione utilizzata	Integrazione strumentazione meteo ⁴	Integrazione strumentazione qualità aria
Marina del Canaletto	P14 16/1	<i>Pressioni portuali</i>	NOx, CO, O ₃ , PM10 & PM2,5 (giornaliero & orario) depositimetri	VV, DV 10 m, TA, UR, PA	Laboratorio Mobile AP ⁵
Melara	P14 16/1 P14 16/2 P14 16/3 P14 16/4	<i>Ricadute CTE ENEL</i>	NOx, CO, O ₃ , SO ₂ PM10 & PM2,5 (giornaliero & orario)	VV, DV 10 m, TA, UR, PA	Laboratorio Mobile ARPAL ⁶

Tabella 4 - Postazioni di misura mediante mezzo mobile della Prescrizione 14.

Nella figura seguente è riportata l'ubicazione delle postazioni che sono state utilizzate per il monitoraggio delle deposizioni:

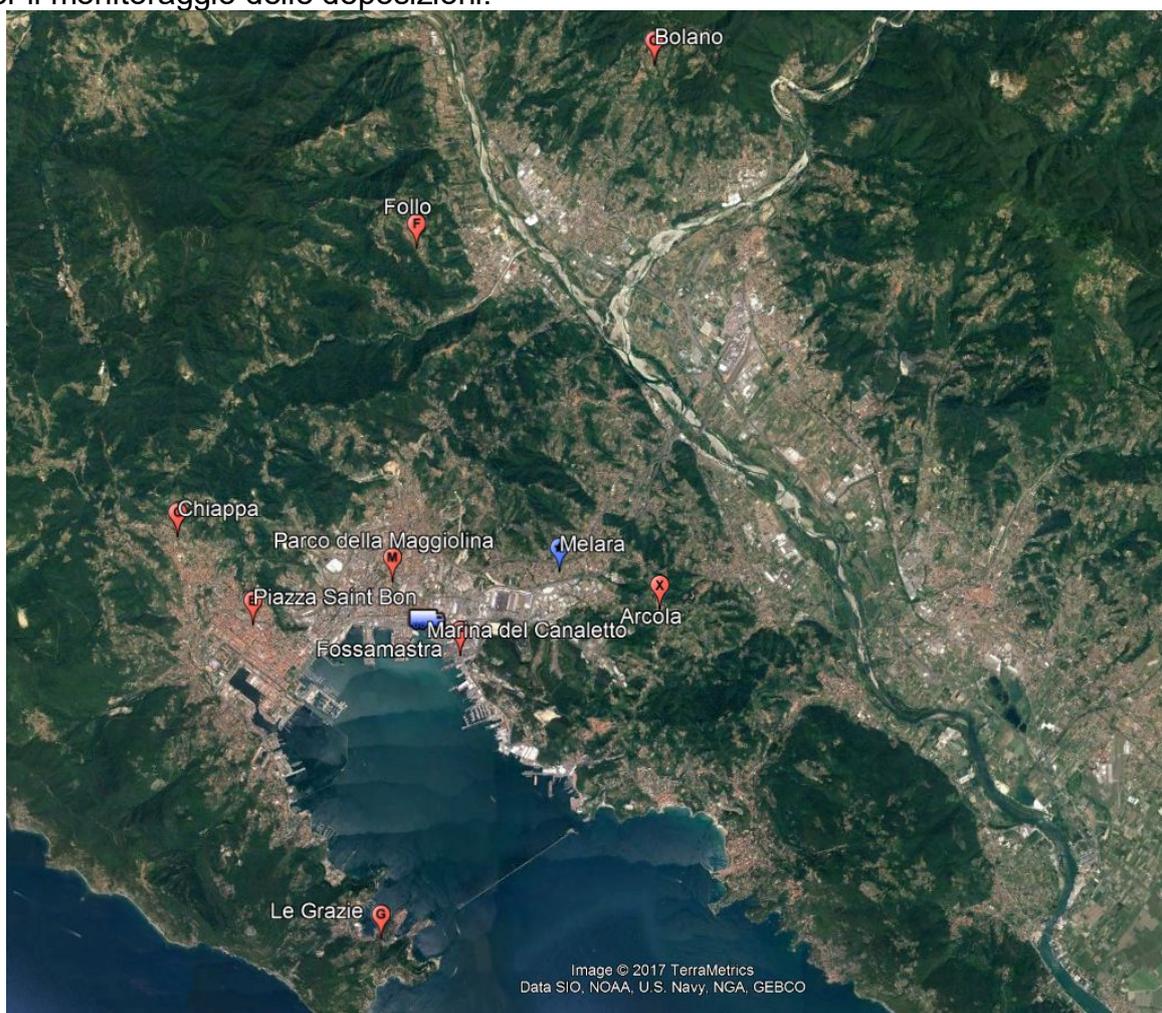


Figura 2 - Ubicazione delle postazioni di prelievo.

In Appendice 6 sono riportate le schede anagrafiche delle postazioni utilizzate.

⁴ VV, DV x m=Velocità e Direzione Vento a x m da terra; TA=Temperatura Aria; UR=Umidità Aria; PA=Pressione Atmosferica; PR= Precipitazioni; RN=Radiazione Netta; RG=Radiazione Globale.

⁵ Nel corso del periodo P14 16/1 è stata effettuata una campagna mensile di monitoraggio della qualità dell'aria (rif. prot. ARPAL nr.32284 del 02/12/16, disponibile sul sito web di ARPAL).

⁶ Nel corso del periodo P14 16/1 e P14 16/2 sono state effettuate due campagne mensili di monitoraggio della qualità dell'aria (rif. prot. ARPAL nr.00045 del 02/01/17, disponibile sul sito web di ARPAL).

2.4 Tipi di deposimetri utilizzati

Ciascuna delle postazioni è stata dotata di due deposimetri “bulk” di tipo “bottle + funnel” che raccolgono indistintamente la frazione umida e secca delle deposizioni atmosferiche (deposizione atmosferica integrale).

Un deposimetro, con imbuto e bottiglia di raccolta in materiale plastico, è stato dedicato alla raccolta delle deposizioni destinate alle determinazioni di specie metalliche mentre un deposimetro, con imbuto e bottiglia di raccolta in vetro, è stato impiegato per la determinazione di microinquinanti organici (IPA cancerogeni, diossine e furani e PCB *dioxin like* – nel seguito indicati come *dl*).

Le caratteristiche dei deposimetri sono in accordo con quelle previste dai seguenti metodi:

- UNI EN 15841:2009 “Ambient air quality - Standard method for determination of arsenic, cadmium, lead and nickel in atmospheric deposition”;
- UNI EN 15980:2011 “Air quality - Determination of the deposition of benzo[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, benzo[j]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a]pyrene, dibenz[a,h]anthracene and indeno[1,2,3-cd]pyrene”.

Sebbene non vi sia ancora una norma europea esplicitamente dedicata al campionamento delle deposizioni atmosferiche per la determinazione di PCDD/F e PCB *dl*, il tipo di campionatori utilizzato nel presente lavoro è di largo impiego in monitoraggi analoghi (Guerzoni, S., 2005; Venturini, E., 2013; Esposito, V., 2012, Rada, E. C., 2014).

I deposimetri sono stati posizionati nelle postazioni su pali a circa 180-200 cm da terra, rispettando il più possibile i criteri di microscala previsti dalle norme di riferimento sopra citate. Nella figura che segue, a destra è visibile la configurazione di un campionatore “bottle+funnel” (in plastica per il prelievo di deposizioni da destinare alle determinazioni di specie inorganiche ed in vetro per quelle organiche): la parte superiore è l’imbuto di raccolta delle deposizioni umide e secche e la parte inferiore costituisce la bottiglia di raccolta. A sinistra è mostrato il campionatore in configurazione di prelievo:



Figura 3 – Deposimetri in configurazione di prelievo.

2.5 Parametri chimici, metodi e validazione dei dati

La prescrizione 14 indica esplicitamente i singoli metalli (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Tl, V) e le classi di microinquinanti organici da monitorare nelle deposizioni, ovvero: “<> .. *IPA cancerogeni, diossine e furani e PCB, con particolare riferimento a dioxin like*”. Oltre ai parametri chimici, per ciascun deposimetro inorganico, è stata determinata, mediante analisi gravimetrica, l'entità della deposizione di particolato sedimentabile insolubile in acqua e di fase acquosa (precipitazione umida), se presente.

2.5.1 Metalli

I metalli determinati nelle deposizioni sono stati i seguenti: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Tl, V. In accordo con la norma UNI EN 15841:2009, che prevede la possibilità di utilizzo di metodi analitici equivalenti a UNI 14902:2005, per determinare l'intero set di metalli richiesto dalla prescrizione sono stati impiegati i metodi ISO 17294-2004 (ICP-MS), ISO 11885-2004 (ICPOES), previa dissoluzione dei filtri con metodo interno CESI, adattato da ISO 14869-2001. I limiti di quantificazione (LdQ) strumentali, in µg, sono riportati nel prospetto che segue:

Parametro	u.d.m.	Limite di quantificazione
As	µg	0,02
Cd	µg	0,01
Cr	µg	0,2
Cu	µg	0,08
Hg	µg	0,01
Mn	µg	0,02
Ni	µg	0,02
Pb	µg	0,02
Tl	µg	0,01
V	µg	0,04

Tabella 5 – Limiti di quantificazione per i metalli.

I valori assoluti in µg determinati in laboratorio sono stati successivamente normalizzati rispetto all'area del deposimetro e al numero di giorni di durata delle campagne, esprimendo così il valore finale in µg/m²/d (rateo di deposizione giornaliero).

2.5.2 IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)

Per quanto riguarda gli IPA, sono stati determinati quelli **cancerogeni** previsti dalla Norma Europea UNI EN 15890:2011. A questi IPA sono stati aggiunti ulteriori composti policiclici aromatici di interesse al monitoraggio. Nella successiva tabella sono riportati tutti i composti IPA determinati, le loro caratteristiche di genotossicità e cancerogenesi e il limite di quantificazione del metodo utilizzato (gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore a spettrometria di massa (HRGC/LRMS)). I composti previsti dalla Norma sono evidenziati in grassetto:

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



Composto	Abbreviazione	Genotossicità	Cancerogenesi secondo IARC (§)	Limite di quantificazione [ng]
Fenantrene	Fen	-	3	2
Antracene	Ant	-	3	2
Fluorantene	Flu	-	3	2
Pirene	Pir	-	3	2
Benzo(a)antracene *	BaA	Genotossico	2B	2
Crisene	Cri	Genotossico	2B	2
Benzo(b)fluorantene *	BbF	Genotossico	2B	2
Benzo(j)fluorantene *	BjF	Genotossico	2B	2
Benzo(k)fluorantene *	BkF	Genotossico	2B	2
Benzo(e)pirene	BeP	-	3	2
Benzo(a)pirene *	BaP	Genotossico	1	2
Indeno(1,2,3-cd)pirene *	IP	Genotossico	2B	2
Dibenzo(a,h)antracene *	DBahAn	Genotossico	2A	2
Benzo(g,h,i)perilene	BghiP	Genotossico	3	2
Dibenzo(a,l)pirene	DBalP	Genotossico	2A	2
Dibenzo(a,e)pirene	DBaeP	Genotossico	3	2
Dibenzo(a,i)pirene	DBaiP	Genotossico	2B	2
Dibenzo(a,h)pirene	DBahP	Genotossico	2B	2
Coronene	Cor	Genotossico	3	2

Tabella 6 - IPA determinati nelle deposizioni atmosferiche.

Note alla tabella:

* - IPA previsti dalla norma UNI EN 15980

§ - IARC: aggiornamento al 18 febbraio 2015: 1 - Carcinogenic to humans; 2A - Probably carcinogenic to humans; 2B - possible human carcinogen; 3 - Not classifiable as to its carcinogenicity to humans

I valori assoluti in ng determinati in laboratorio sono stati successivamente normalizzati rispetto all'area del deposimetro e al numero di giorni di durata delle campagne, esprimendo così il valore finale in ng/m²/d (rateo di deposizione giornaliero).

2.5.3 PCDD/F e PCB dl

Nei campioni di deposizioni sono stati determinati i congeneri di policlorodibenzodiossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e PCB *dioxin like* (dl) per i quali è stato stabilito internazionalmente un fattore di tossicità. Di seguito è riportato l'elenco dei composti determinati e il limite di quantificazione (LdQ) strumentale del metodo utilizzato (EPA 1613B:1994, gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore a spettrometria di massa - HRGC/LRMS) calcolato mediante sottrazione di bianco di laboratorio. I fattori di tossicità (TEF) secondo quanto sviluppato in ambito NATO e dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità (World Health Organization - WHO) sono riportati in Appendice 1.

Composto	u.d.m.	Limite di quantificazione
1,2,3,4,6,7,8-Eptaclorodibenzodiossina	pg	0,34
1,2,3,4,7,8-Esaclorodibenzodiossina	pg	0,23
1,2,3,6,7,8-Esaclorodibenzodiossina	pg	0,14
1,2,3,7,8,9-Esaclorodibenzodiossina	pg	0,11
1,2,3,7,8-Pentaclorodibenzodiossina	pg	0,20
2,3,7,8-Tetraclorodibenzodiossina	pg	0,13
Octaclorodibenzodiossina	pg	1,50
1,2,3,4,6,7,8-Eptaclorodibenzofurano	pg	0,13
1,2,3,4,7,8,9-Eptaclorodibenzofurano	pg	0,13
1,2,3,4,7,8-Esaclorodibenzofurano	pg	0,12
1,2,3,6,7,8-Esaclorodibenzofurano	pg	0,16
1,2,3,7,8,9-Esaclorodibenzofurano	pg	0,17

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



Composto	u.d.m.	Limite di quantificazione
2,3,4,6,7,8-Esaclorodibenzofurano	pg	0,17
1,2,3,7,8-Pentaclorodibenzofurano	pg	0,02
2,3,4,7,8-Pentaclorodibenzofurano	pg	0,01
2,3,7,8-Tetraclorodibenzofurano	pg	0,14
Octaclorodibenzofurano	pg	0,27
PCB 77	pg	0,07
PCB 81	pg	0,02
PCB 118	pg	1,10
PCB 123	pg	0,31
PCB 114	pg	0,02
PCB 105	pg	1,26
PCB 126	pg	0,62
PCB 167	pg	0,01
PCB 156	pg	0,16
PCB 157	pg	0,10
PCB 169	pg	0,29
PCB 189	pg	0,32

Tabella 7 – Limiti di quantificazione per PCDD/F e PCB.

Nella tabella precedente, per ogni congenere PCDD/F e PCB, è stato riportato il più basso LdQ strumentale determinato nei campioni in quanto il limite di quantificazione è variato nel corso delle analisi.

La variabilità del LdQ è una conseguenza naturale della variabilità delle condizioni strumentali di analisi, in particolare del livello di interferenze che influisce sul rumore di fondo utilizzato per il calcolo del rapporto segnale-rumore, da cui deriva a sua volta il calcolo del LdQ. I LdQ per ogni campione di deposizione, espressi in pg/m²/d, sono inclusi nella Tabella 35 per PCDD/F e nella Tabella 36 per i PCB.

Per esprimere i ratei di deposizione complessiva di PCDD/PCDF e PCB *dl* nei diversi campioni si è utilizzato, come consuetudine, il concetto di tossicità totale equivalente (TEQ), che si ottiene sommando i prodotti tra i fattori di tossicità equivalente (TEF) dei singoli congeneri di PCDD/F e PCB *dl* e i rispettivi ratei di deposizione, applicando la formula riportata di seguito:

$$Total\ Toxic\ Equivalency\ (TEQ) = \sum_{n=1}^k C_n * TEF_n$$

Dove C_n rappresenta la concentrazione del congenere n e TEF il suo fattore di equivalenza tossico. In particolare, i ratei di deposizione in TEQ di PCDD/F e PCB *dl* sono stati calcolati applicando i fattori di tossicità NATO/CCMS (1988) per PCDD/F e WHO⁷ 2005 per i PCB (vedi Appendice 1 per i valori numerici).

Il rateo espresso in TEQ rappresenta quindi l'ammontare di tutti i composti *dioxin like*, normalizzato per ciascun potenziale tossico relativo alla 2,3,7,8-tetraclorodibenzodiossina (2,3,7,8-TCDD).

In presenza di dati inferiori al limite di rilevabilità strumentale (LdR) per attribuire un valore al singolo analita al fine del calcolo del TEQ è possibile seguire 3 criteri (vedi Rapporto ISTISAN 04/15⁸):

⁷ WHO: Organizzazione Mondiale della Sanità

⁸ Menichini, E., & Viviano, G., 2004

- attribuzione di un valore pari a zero (*lower-bound*): tale soluzione sottostima il valore vero dell'analita;
- attribuzione di un valore pari al LdR (*upper-bound*): tale soluzione sovrastima il valore vero dell'analita. Potrebbe sembrare la soluzione più cautelativa ed è quella utilizzata nei campioni di alimenti, ma nel caso di un set di misure con un numero elevato di dati inferiori al LdR, la sovrastima può essere molto alta e inoltre non permette di apprezzare le reali differenze di tossicità tra campioni in quanto i valori del TEQ tendono a diventare uniformi;
- attribuzione di un valore pari alla metà del limite di rilevabilità (*medium-bound*): tale soluzione costituisce un punto di equilibrio tra le due precedenti soluzioni estreme e questo criterio viene di norma utilizzato in campo ambientale.

Considerata la presenza di molti analiti con valori inferiori al LdR (vedi 5.4.2) nel presente rapporto è stato utilizzato il criterio **medium-bound**, che il citato Rapporto ISTISAN 04/15⁸ ritiene essere il più praticabile.

I valori espressi in pg assoluti, determinati in laboratorio o quelli espressi in pg TEQ, sono stati normalizzati rispetto all'area del deposimetro e al numero di giorni di durata delle campagne, esprimendo così il valore finale in pg/m²/d o pg TEQ/m²/d (rateo di deposizione giornaliero).

2.5.4 **Suddivisione delle attività analitiche per il 2016**

Le attività analitiche relative alla caratterizzazione chimica delle deposizioni relative alle campagne previste dal protocollo (vedi Tabella date campagne) sono state così suddivise:

- preparazione dei campioni per la determinazione di classi di composti organici (PCDD/F, PCB dl, IPA): ARPAL, con procedura conforme alla norma UNI EN 15980:2011;
- preparazione dei campioni per la determinazione dei metalli: CESI e ARPAL, con procedura conforme alla norma UNI EN 15841:2009 e concordata dai rispettivi tecnici di laboratorio, con verifiche puntuali da parte di ARPAL sulle determinazioni CESI;
- analisi di PCDD/F, PCB dl, IPA: ARPAL effettuate sia sul filtro che sul filtrato, sommando i valori ottenuti;
- analisi dei metalli: effettuate da CESI con validazione dei risultati da parte del laboratorio ARPAL.

Le deposizioni della postazione fissa di Melara raccolte nei periodi non previsti dalle campagne del protocollo di attuazione della Prescrizione 14, sono state caratterizzate da ARPAL relativamente alla composizione dei metalli.

2.6 **Analisi integrative rispetto alla prescrizione AIA**

Oltre alle caratterizzazioni chimiche previste dalla prescrizione AIA, sono state eseguite una serie di analisi integrative individuate nel Protocollo che hanno riguardato la fase acquosa delle deposizioni e il PM10.

Nella fase acquosa dei deposimetri sono state determinate le seguenti specie ioniche: Na, K, Ca, Mg, NH₄, SO₄, NO₃ e Cl, utilizzando i metodi ISO 10304-1:1992 (SO₄²⁻,

NO₃⁻, Cl⁻), ISO14911:1998 (Na, K, Ca, Mg, NH₄⁺). Ciò al fine di valutare gli apporti di aerosol marino (principalmente sodio, cloro) e secondario (ammonio, solfati e nitrati).

Al fine di avere un quadro più completo sul particolato PM₁₀ e di confrontare gli output modellistici con dati reali, nelle tre postazioni in cui sono stati installati campionatori integrativi di PM₁₀ (Chiappa, Le Grazie e Follo), oltre alle determinazioni gravimetriche (si veda capitolo 6), sono stati determinati i metalli previsti dal D.Lgs.155/2010 (As, Cd, Ni, Pb) nelle stesse giornate in cui tali analisi vengono effettuate di routine anche sulle postazioni della RQA.

I metalli sono stati analizzati da ARPAL, utilizzando il metodo UNI EN ISO 17294-2:2005.

Sulle stesse postazioni sono stati determinati su un numero selezionato di campioni di PM₁₀ i parametri EC (Elemental Carbon), OC (Organic Carbon) e levoglucosano, per la valutazione preliminare dell'incidenza di eventuali altre sorgenti che insistono sul territorio in esame.

2.7 Validazione dei risultati

Nell'Appendice 8 sono elencati i campioni di deposizione su cui ARPAL o CESI hanno eseguito le validazioni dei metalli.

Relativamente alle determinazioni dei metalli sulle deposizioni sono stati validati 14 campioni su 41 eseguendo la determinazione analitica di tutti e 9 i metalli determinati. L'indice di validazione conclusivo è risultato pari a 80%, maggiore del valore soglia prefissato dal protocollo ARPAL, pari al 70%.

Relativamente alle determinazioni gravimetriche del PM₁₀ le validazioni sono riportate nell'Appendice 9.

3. Inquadramento meteorologico

Come riferimento per le condizioni meteorologiche durante il periodo delle campagne sono stati utilizzati i dati forniti dalle postazioni meteorologiche disponibili nell'area del golfo della Spezia e ritenute affidabili e rappresentative. I dati delle postazioni di riferimento sono stati confrontati e/o integrati da quelli delle centraline meteorologiche installate nei siti di monitoraggio.

La lista completa delle postazioni utilizzate per l'inquadramento meteorologico è riportata nella tabella che segue, con indicazione della strumentazione installata e il periodo di inizio e fine misura che, per le postazioni integrative, corrisponde a quello delle campagne.

Postazione meteo	Tipologia	Quota slm (m)	Parametri meteo misurati ⁹	inizio/fine misura
Comune della Spezia	Stazione fissa	40	VV e DV 6 m, TA, UR, PA, RG, PR	-
Monte Beverone	Stazione fissa	220	VV e DV 15 m, TA, UR, RG	-
Fornola	Stazione fissa	25	PR	-
La Foce – Monte Viseggi	Stazione fissa	350	TA, PR	-
Chiappa	Integrazione strumentazione CESI	60	VV e DV 10 m, TA, UR, PA, PR	Dal 26/02 – 28/04 Dal 28/06 al 02/09
Le Grazie	Integrazione strumentazione CESI	20	VV e DV 10 m, TA, UR, PA, PR, RG, RN	Dal 26/02 – 28/04 Dal 28/06 al 02/09
Bolano	Integrazione strumentazione CESI	325	VV e DV 10 m, TA, UR, PA, PR, RG, RN	Dal 26/02 – 28/04 Dal 28/06 al 02/09
Follo	Integrazione strumentazione CESI	220	VV, DV 4 m, TA	Dal 26/02 – 28/04 Dal 28/06 al 02/09
Canaletto	Laboratori mobili ARPAL	1	TA, UR, PA, PR, VV e DV 10	Dal 26/02 – 28/04
Melara	Laboratori mobili ARPAL	20	TA, UR, PA, PR, RG, VV e DV 10	Dal 26/02 – 28/04

Tabella 8 – Postazioni meteorologiche utilizzate¹⁰.

3.1 Caratteristiche meteorologiche generali del periodo relativo alle campagne di monitoraggio previste dalla Prescrizione 14

Le caratteristiche meteorologiche delle quattro campagne di monitoraggio, che si sono sviluppate, le prime due tra inverno e primavera, le altre, in estate, sono state ovviamente differenti e anche quest'anno con significative anomalie rispetto ad alcuni valori climatologici.

Le campagne **P14 16/1** e **P14 16/2** sono state caratterizzate da tempo instabile e a tratti piovoso, con precipitazioni comunque complessivamente inferiori a quelle climatologiche, ed hanno visto un'alternanza di vivaci rinforzi dei venti.

Nel corso delle campagne **P14 16/3** e **P14 16/4**, come già nell'anno precedente, si sono avute condizioni tipicamente estive, con il dominio di un campo di alta pressione e ventilazione limitata al regime di brezza. E come nel 2015, appena trascorso

⁹ VV, DV x m=Velocità e Direzione Vento a x m dal piano di installazione; TA=Temperatura Aria; UR=Umidità Aria; PA=Pressione Atmosferica; PR= Precipitazioni; RN=Radiazione Netta; RG=Radiazione Globale.

¹⁰ Non sono risultati disponibili, come negli anni precedenti, i dataset rilevati attraverso il sistema di monitoraggio realizzato da Autorità Portuale della Spezia nell'ambito del Progetto europeo "Vento e Porti" relativi alle nr. 6 stazioni anemometriche presenti nel Golfo della Spezia.

Ferragosto si sono avuti i primi temporali significativi: le precipitazioni hanno evidenziato cumulate anche importanti ma molto differenti tra le postazioni, con valori più elevati nella zona Nord dell'area di monitoraggio.

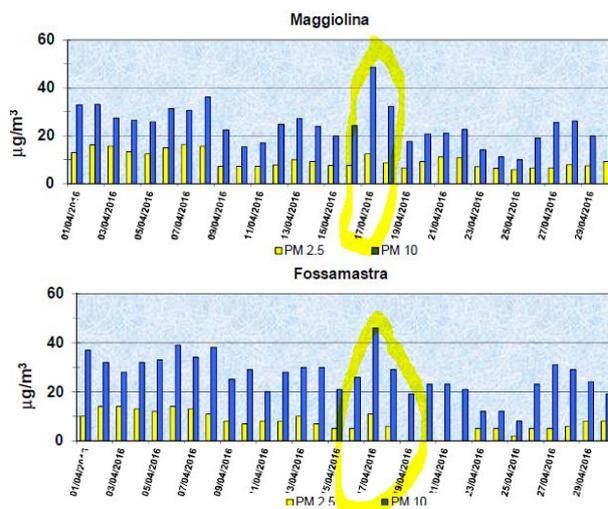
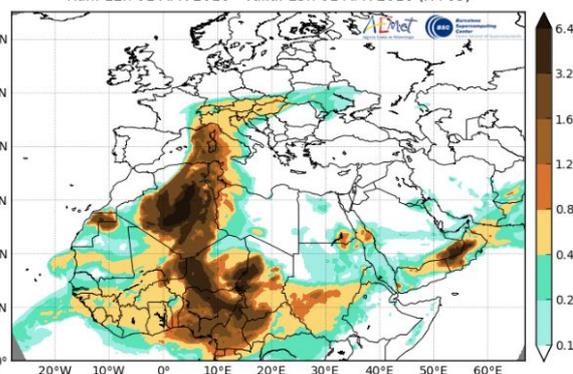
Nel dettaglio, la campagna **P14 16/1** ha avuto inizio negli ultimi giorni di febbraio caratterizzati da un colpo di coda dell'inverno, con forti piogge sulla Liguria e cumulate significative sull'area della Spezia. La fase di maltempo è proseguita anche nella prima settimana di marzo, mese che segna il passaggio tra l'inverno e la primavera. Nella prima metà del mese si hanno anche le ultime precipitazioni nevose della stagione, abbondanti nell'entroterra di Imperia, Savona e Genova e che hanno solo lambito la parte orientale della provincia. Nella seconda decade di marzo nello spezzino si ha la prevalenza di una fase di tempo non perturbato con assenza di precipitazioni ma discreta ventilazione in prevalenza dai quadranti settentrionali.

Nell'area di Spezia nel mese di marzo le cumulate si sono attestate a circa il 50% del valore climatologico e le temperature hanno evidenziato con un'anomalia positiva fino a 2 °C.

Nel corso della prima metà della campagna **P14 16/2**, si evidenzia, dal punto di vista sinottico, la presenza di una depressione sulle zone Nord-occidentali Europee, che a tratti dal Golfo di Biscaglia e Gran Bretagna si estende fino al Mediterraneo centro occidentale e il Golfo Ligure, provocando soprattutto nella prima decade deboli fasi perturbate con una serie di richiami di aria dal continente Africano con trasporto di pulviscolo sabbioso proveniente dal deserto del Sahara.

Un ulteriore evento significativo di 'Saharian Dust' si riscontra intorno al 17 aprile come è evidente dall'anomalo rapporto PM10/PM2.5 (si vedano i grafici relativi all'andamento di tali parametri su due postazioni della RQA nel corso del mese di Aprile) e dal contestuale valore molto basso della radiazione naturale di fondo (si veda fig. 2), indice di un elevato rimescolamento del PBL, condizione assolutamente sfavorevole all'accumulo degli inquinanti e dunque del particolato di origine antropica.

Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>
NMMB/BSC-Dust Res:0.1°x0.1° Dust Load (g/m²)
Run: 12h 01 APR 2016 Valid: 15h 01 APR 2016 (H+03)



Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Solo nella seconda parte del periodo, tale configurazione vede un'evoluzione caratterizzata da una rimonta della pressione sulle coste occidentali europee con il dominio di circolazioni depressionarie più settentrionali, posizionate tra la Scandinavia, il Mar del Nord e l'Europa Orientale: questa configurazione comporta il transito di sistemi frontali più attivi da Nord, Nord-Ovest sulle regioni centro settentrionali italiane ed i Balcani e la formazione di diversi minimi sottovento alle Alpi, responsabili di episodi perturbati intorno al 24 aprile. Si hanno dunque giornate caratterizzate da tempo più instabile e a tratti piovoso, con alternanza di vivaci rinforzi dei venti sia dai quadranti sud-occidentali che settentrionali e qualche mareggiata.

Dal punto di vista termico si evidenzia come durante questa campagna, la parte meridionale del continente e l'Europa orientale abbia goduto di valori di temperatura ben sopra la norma con un significativo massimo di anomalia positiva tra Sirte e la penisola balcanica. Questi valori positivi sono legati anche a richiami di aria più calda più significativi dalle coste africane verso il Mediterraneo centro orientale e il continente, che hanno insistito in particolare nella prima parte del mese.

Per quanto riguarda le precipitazioni in Liguria si sono rilevati valori giornalieri e cumulate mensili decisamente bassi: nel mese di Aprile i valori più alti si sono registrati nel Levante della regione, ma anche qui i valori sono rimasti sotto la norma. Nel grafico a lato è possibile vedere come le cumulate a Spezia risultino, nei primi 4 mesi dell'anno, superiori alla norma, ma con una distribuzione anomala, che le ha viste concentrarsi prevalentemente nei primi due mesi dell'anno, interessando in modo significativo solo la fase iniziale della prima campagna e, come detto in modo molto limitato la seconda.

Nel seguito sono elaborati i dati di temperatura rilevati a due differenti quote nell'area del golfo (postazione di Comune della Spezia e di Monte Beverone) ed i dati di pressione atmosferica a livello del mare durante il periodo di sviluppo delle due campagne invernali/primaverili.

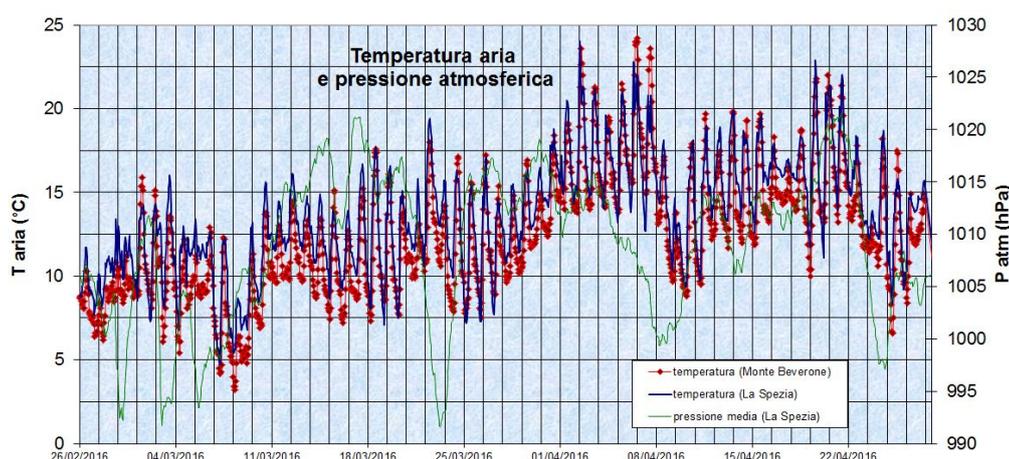
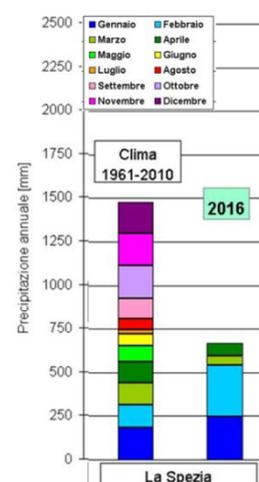


Figura 4 – Andamento temporale della temperatura e della pressione durante le campagne invernali 2016.

Sono evidenti alcune situazioni di stabilità atmosferica con episodi di inversione termica, in particolare nella prima decade di aprile. Le situazioni favorevoli all'intrappolamento al

suolo degli inquinanti sono ben evidenziate anche dalla rappresentazione dei valori dell'attività BETA associabile ai prodotti di decadimento del Radon rilevati con un campionatore presente sul Laboratorio Mobile di Autorità Portuale della Spezia, gestito da ARPAL: nel grafico sottostante sono evidenti i cicli giornalieri (valori relativamente più elevati di notte rispetto al giorno) sopra i quali si innestano le situazioni meteorologiche locali che hanno, ad esempio, portato alla quasi totale scomparsa del ciclo giorno/notte, in modo particolare nelle tre principali fasi di tempo relativamente perturbato.

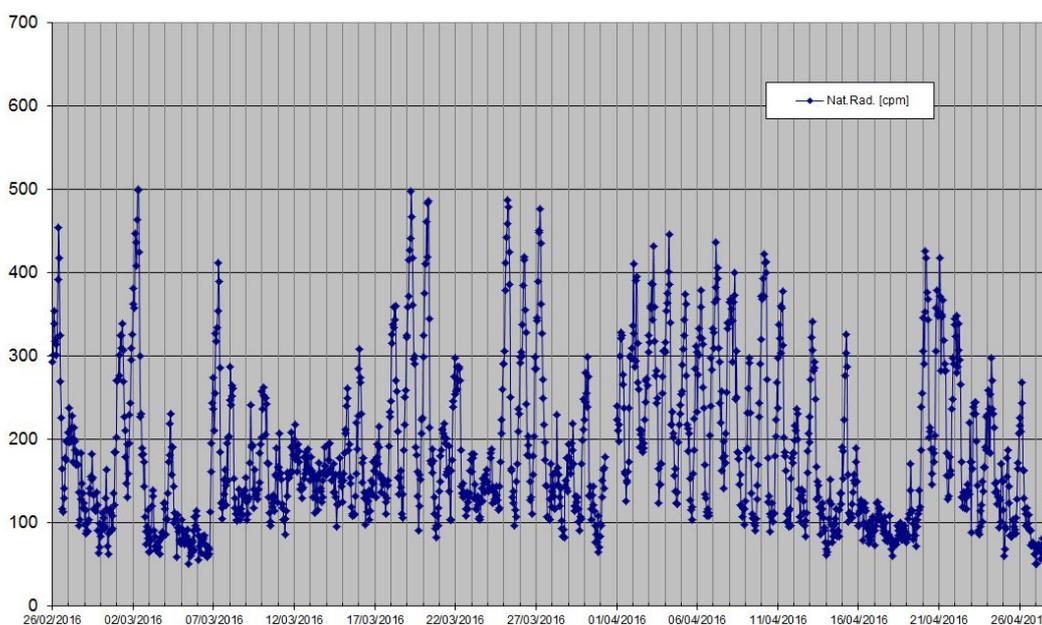


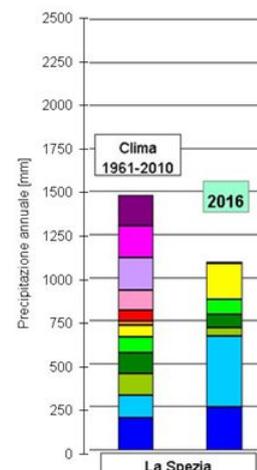
Figura 5 – Andamento temporale della radiazione naturale durante le campagne invernali/primaverili 2016.

Le campagne **P14 16/3** e **P14 16/4** hanno visto, come già l'anno precedente, condizioni tipicamente estive.

Nel dettaglio la campagna **P14 16/3**, sviluppatasi prevalentemente nel mese di luglio, ha inizio in un uno scenario sinottico caratterizzato da marcate anomalie di geopotenziale: due aree di massimo, una sulla Penisola Iberica e l'altra sull'Europa orientale, ed un minimo centrato tra la Gran Bretagna e l'Islanda. Questa fase vede, dunque, sull'area mediterranea condizioni di bel tempo e temperature sopra la norma, anche per effetto di un significativo richiamo di aria calda dall'Africa che ha dato luogo ad un'importante sequenza di notti 'tropicali', cioè caratterizzate da temperature minime superiori ai 20 °C.

Solo nei primi giorni della seconda decade del mese di luglio si evidenzia un modesto cambiamento: la discesa di un'area depressionaria sul Mediterraneo centro-occidentale determina l'ingresso di aria più fredda e un'instabilizzazione dell'atmosfera con temporali, grandinate e forti colpi di vento che hanno interessato in particolare il Nord Italia, a partire dalle Alpi e Pianura Padana, per estendersi poi all'Appennino.

Dopo questa parentesi si sono succedute rimonte anticicloniche, alternate a nuove discese più fresche e instabili in quota dalla Francia, associate dunque a variabilità, con qualche rovescio nell'ultima decade del mese, in un contesto comunque di temperature superiori all'atteso, soprattutto nelle zone interne: nuovi richiami di aria calda umida africana determinano infatti il permanere dell'estate con un rialzo termico che interessa un po' tutto sull'area mediterranea. Nel grafico a lato è possibile osservare come le cumulate a Spezia risultino, nei primi 6 mesi dell'anno, superiori alla norma, con una distribuzione marcatamente anomala e soprattutto con un mese di luglio, che ha visto la pressoché totale assenza di pioggia.



Dal punto di vista meteorologico la campagna **P14 16/4** si presenta, nella fase iniziale, come la continuazione di quella precedente, ed è caratterizzata dunque dalla prevalenza di un regime anticiclonico sull'Europa Occidentale, in estensione progressiva verso Est, ed una profonda depressione sul Mar del Nord che favorisce le discese di aria più fresca dal Nord Europa verso i Balcani.

Nella prima metà del mese di Agosto il gradiente e le irruzioni più fresche balcaniche risultano più frequenti rispetto al mese precedente, caratterizzato da grande stabilità, mitigando il clima specie sul versante Adriatico della penisola: l'approssimarsi di sistemi frontali provenienti da Nord-Ovest alle Alpi, seguiti da ingressi di aria più fresca e instabile dal Nord Europa e i Balcani, hanno dato luogo ad una serie di passaggi nuvolosi sui versanti tirrenici e liguri e di alcuni episodi temporaleschi che intorno al 6, all'11 e al 19 del mese hanno interessato anche lo spezzino. Nella terza decade si osserva una decisa rimonta anticiclonica sull'Europa, che riporta il Centro-Nord e la Liguria in piena estate, con temperature massime sopra l'atteso ed un ritorno delle notti tropicali (temperatura minima superiore ai 20°C).

In conclusione dunque, un periodo caratterizzato dal bel tempo, con precipitazioni in linea con i valori climatologici e concentrate sostanzialmente in 4-5 episodi di natura temporalesca (con valori cumulati significativi solamente in occasione di quello del 19), come spesso avviene in questo periodo dell'anno.

Nella figura a lato sono elaborati i dati di temperatura rilevati a due differenti quote nell'area del golfo (Comune della Spezia e Monte Beverone) ed i dati di pressione atmosferica a livello del mare durante il periodo delle due campagne estive.

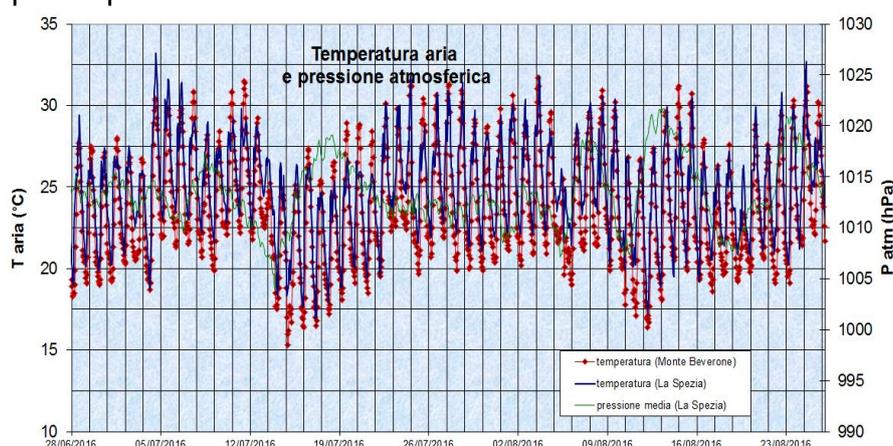


Figura 6 – Andamento della temperatura e della pressione durante le campagne estive 2016.

3.1.1 Andamento della temperatura e dell'umidità

Di seguito sono riportati gli andamenti di temperatura e umidità misurati presso la postazione meteo del Comune della Spezia nei quattro periodi di monitoraggio:

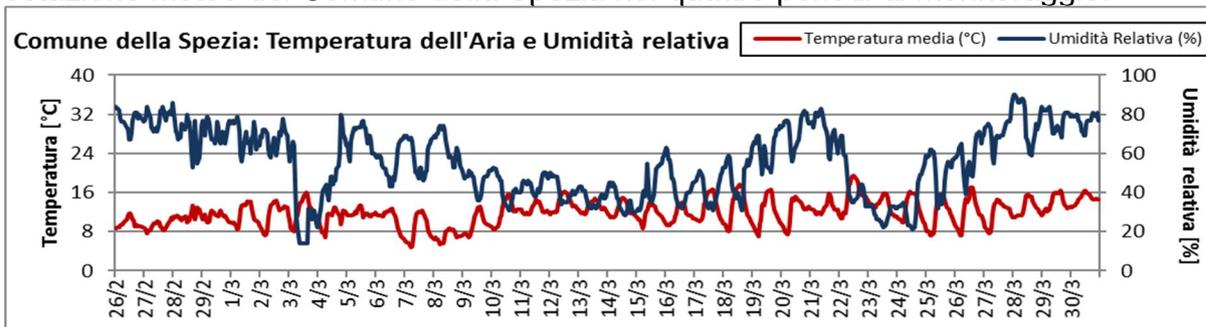


Figura 7 – Andamento temporale della temperatura e umidità relativa durante la “campagna invernale P14 16/1”.

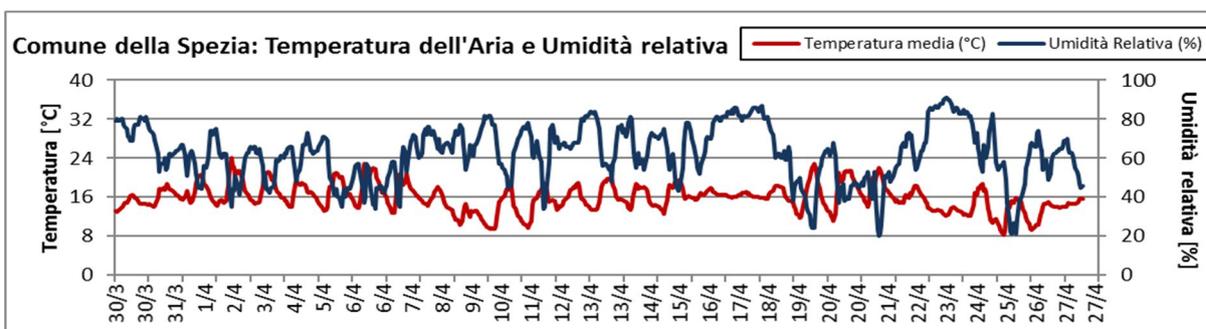


Figura 8 – Andamento temporale della temperatura e umidità relativa durante la “campagna invernale P14 16/2”.

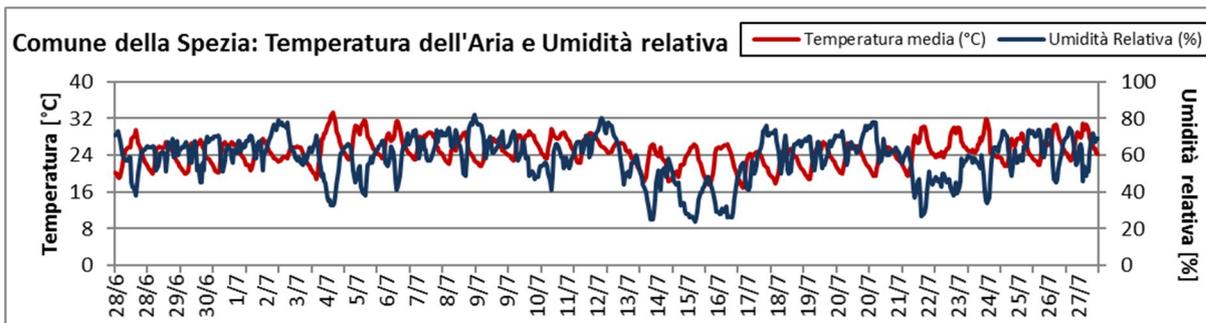


Figura 9 – Andamento temporale della temperatura e umidità relativa durante la “campagna estiva P14 16/3”.

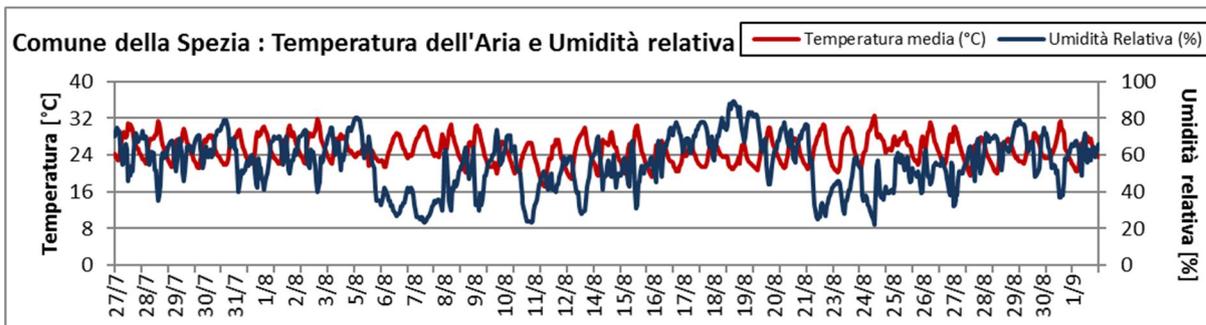


Figura 10 – Andamento temporale della temperatura e umidità relativa durante la “campagna estiva P14 16/4”.

Il prospetto seguente riassume alcuni indici statistici di temperatura e umidità nelle quattro campagne per la postazione del Comune della Spezia:

	Campagna invernale		Campagna estiva	
	P14 16/1	P14 16/2	P14 16/3	P14 16/4
Temperatura				
media	12	16	25	25
minimo	5	8	17	17
massimo	19	24	33	33
mediana	12	16	25	25
Umidità				
media	56	62	59	56
minimo	14	20	24	22
massimo	90	91	82	89
mediana	58	63	61	57

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



3.1.2 Anemometria

Qui di seguito sono riportate le Rose dei Venti nell'area della Spezia nei quattro periodi di monitoraggio.

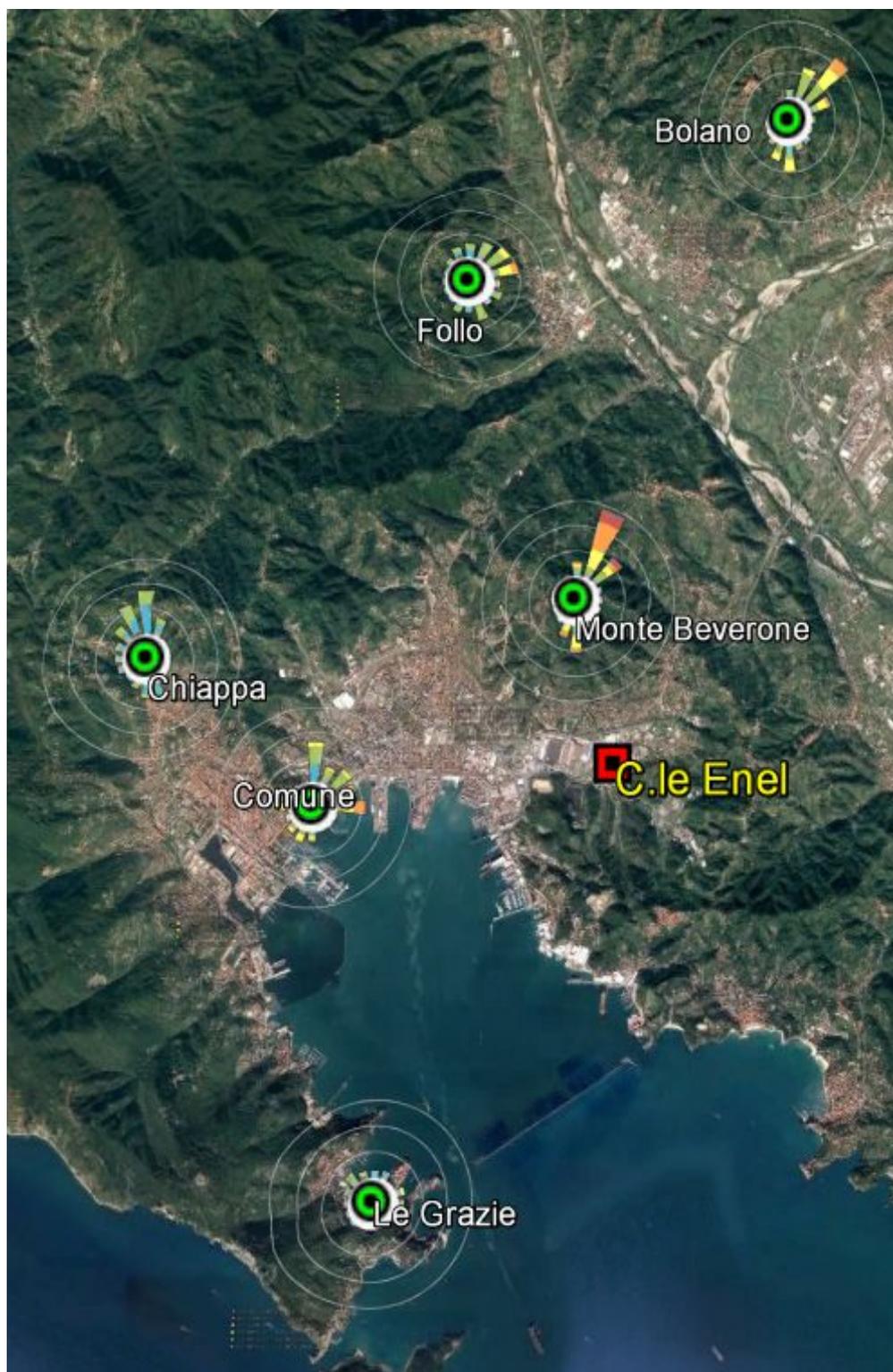


Figura 11 - Rose dei venti durante la "campagna invernale P14 16/1".

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



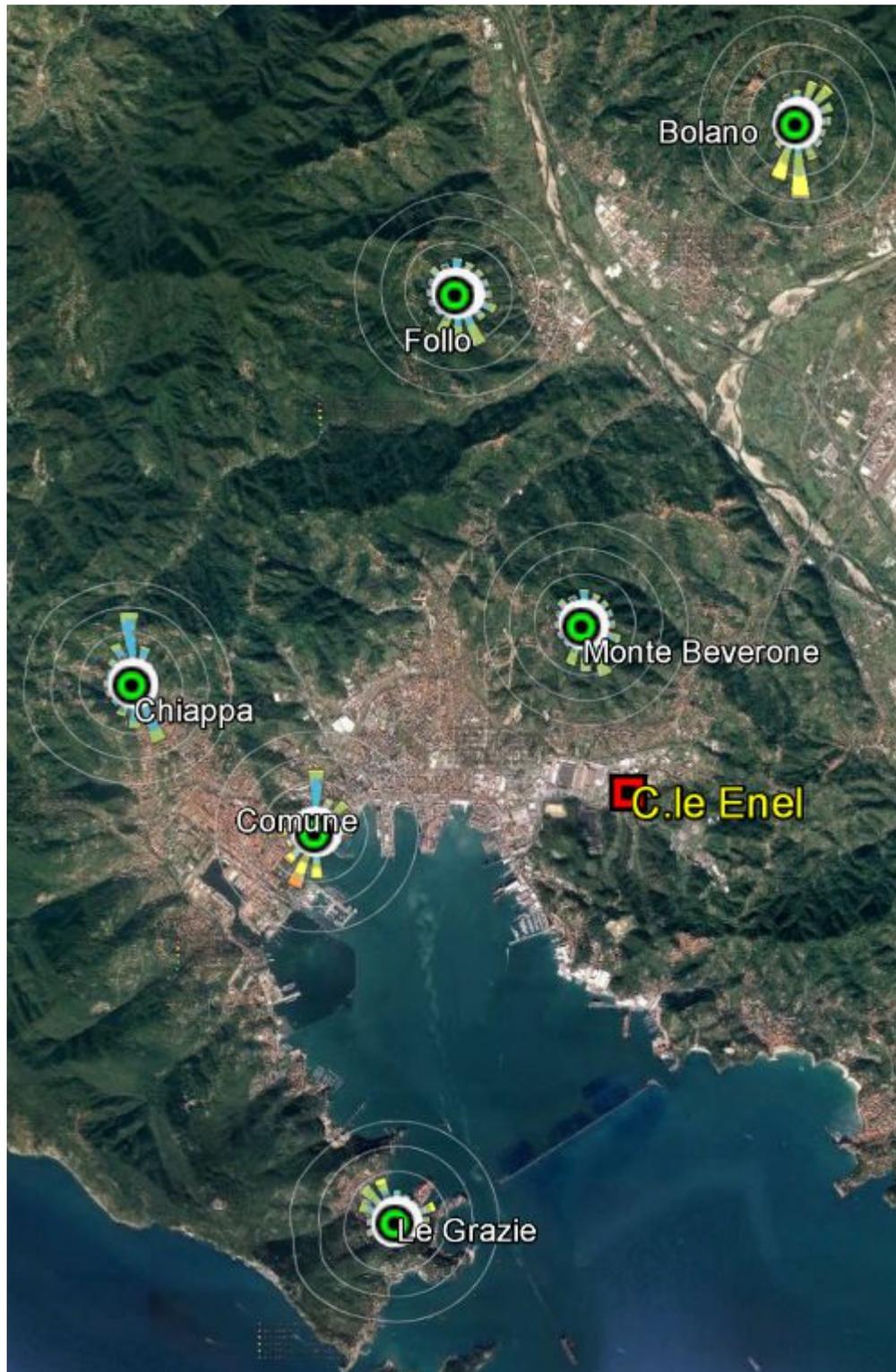


Figura 12 - Rose dei venti durante la “campagna invernale P14 16/2”.

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



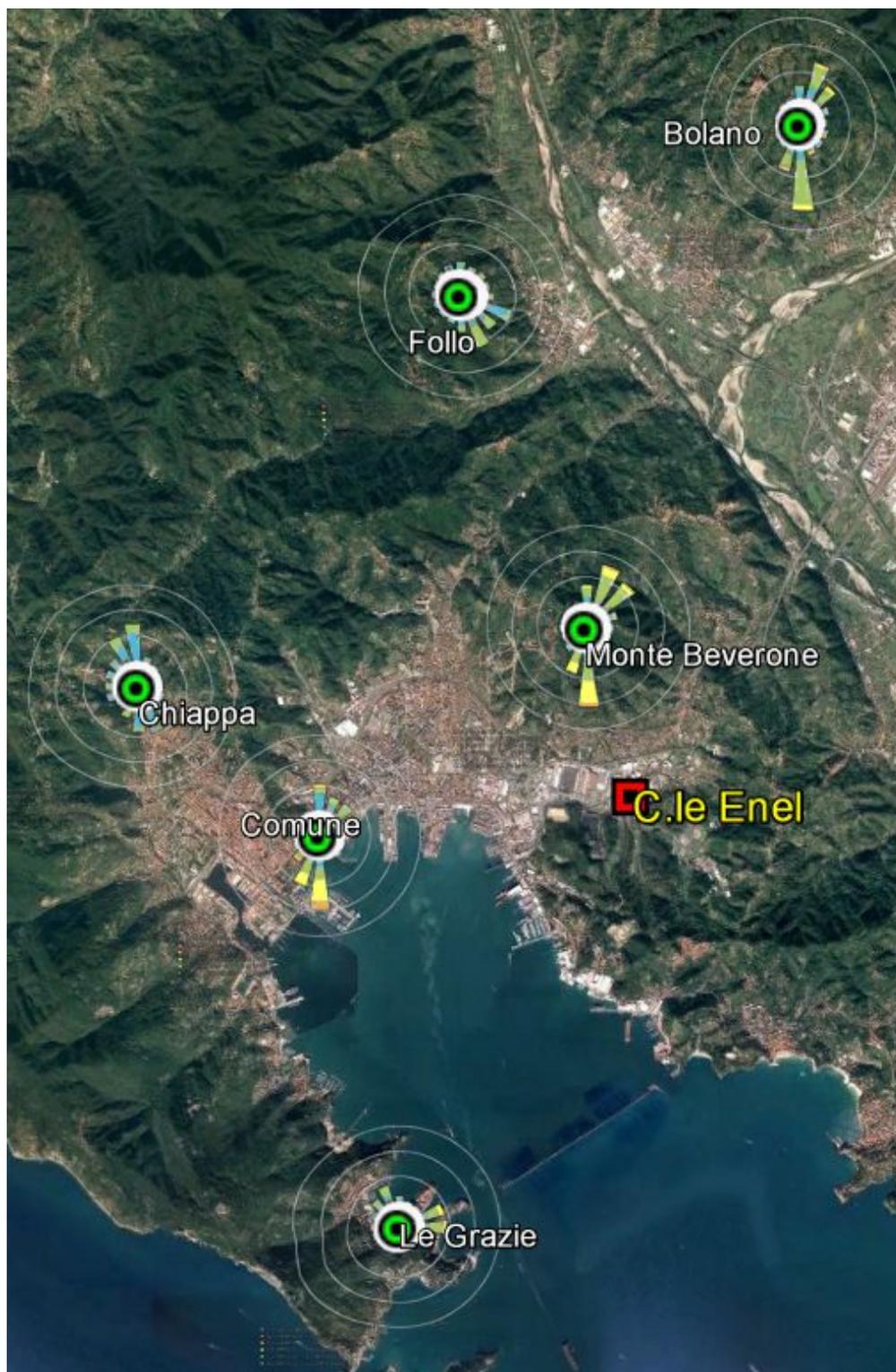


Figura 13 - Rose dei venti durante la “campagna estiva P14 16/3”.

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



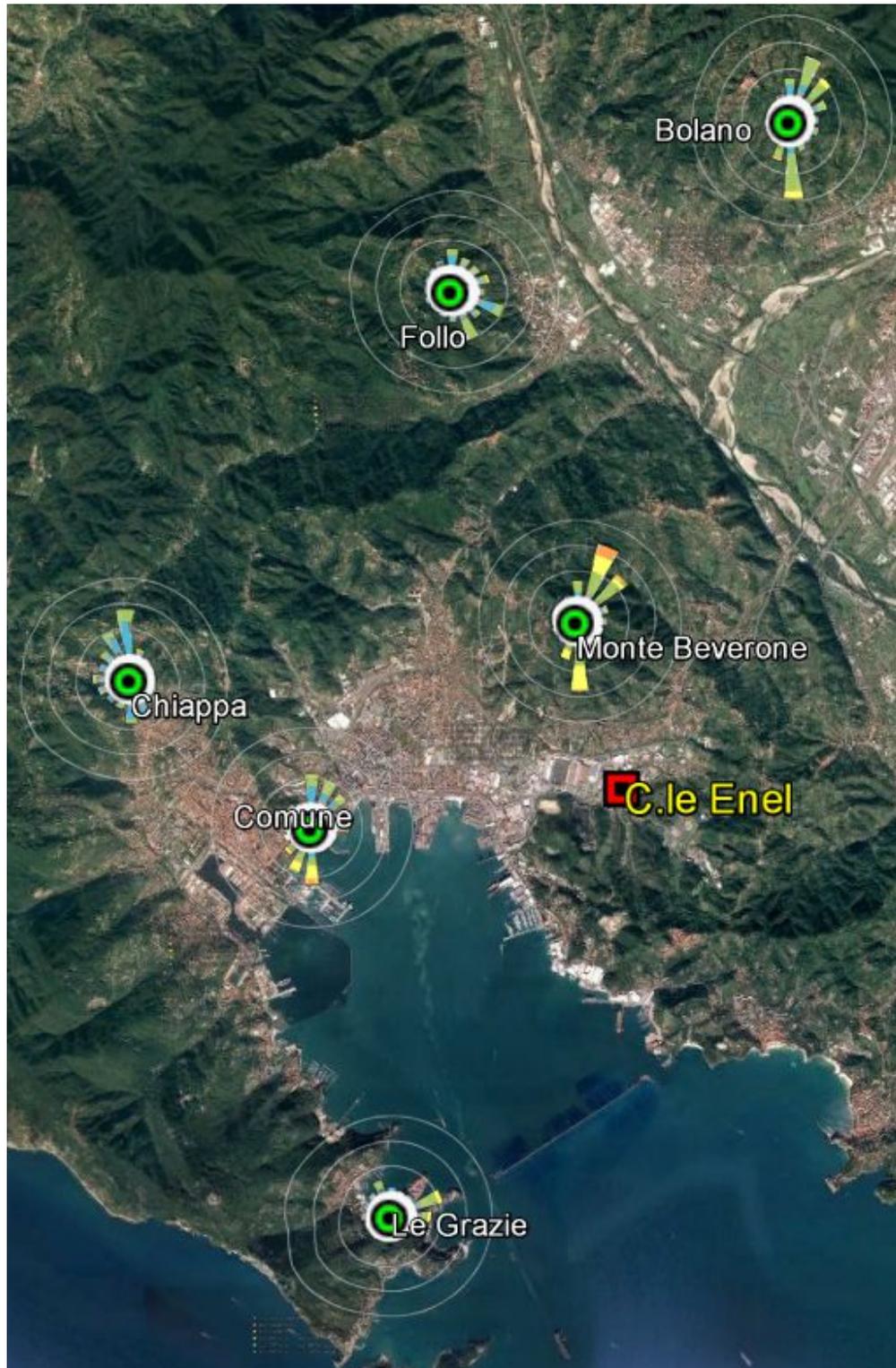


Figura 14 - Rose dei venti durante la “campagna estiva P14 16/4”.

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



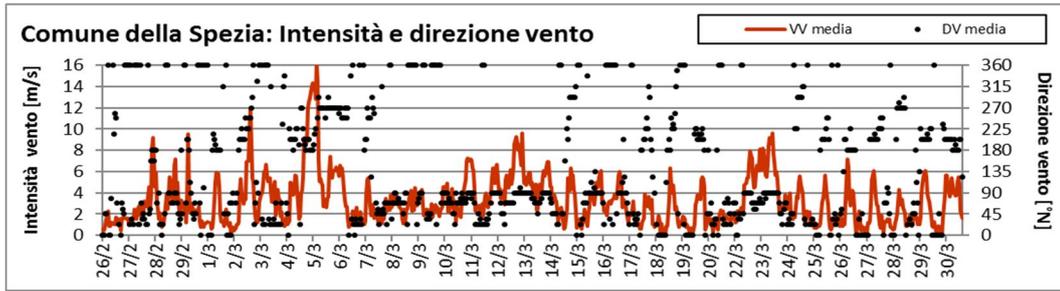


Figura 15 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 16/1 (Comune della Spezia).

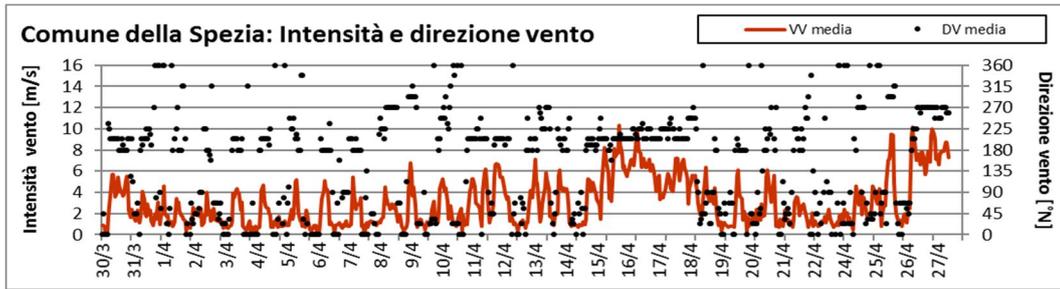


Figura 16 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 16/2 (Comune della Spezia).

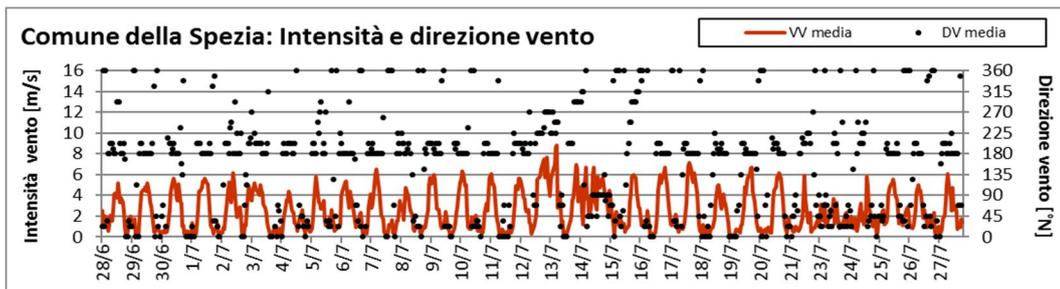


Figura 17 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 16/3 (Comune della Spezia).

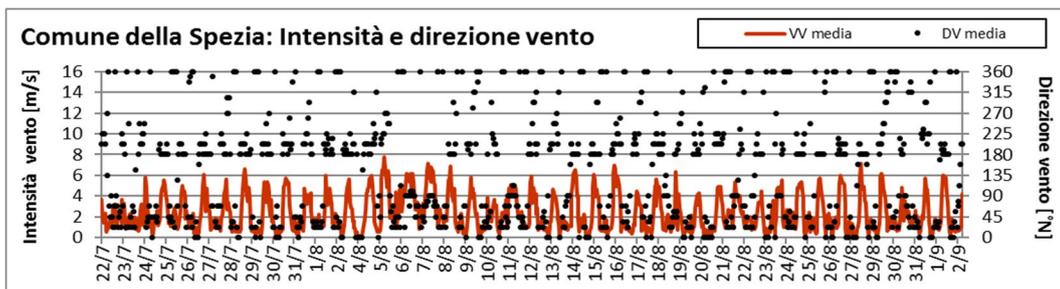


Figura 18 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 16/4 (Comune della Spezia).

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
 BS OHSAS 18001
 Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
 Certificato



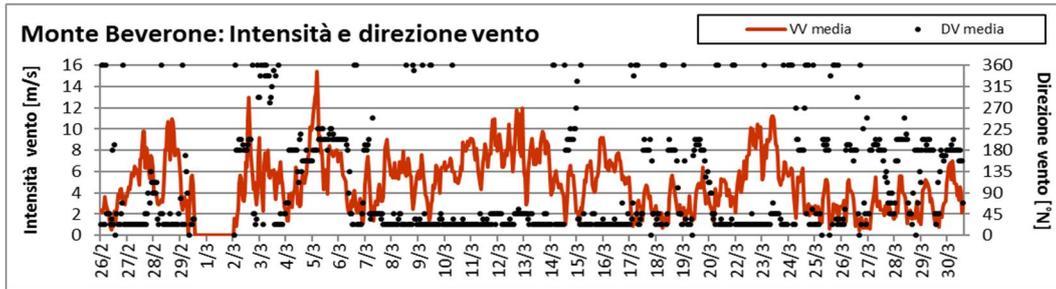


Figura 19 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 16/1 (Monte Beverone).

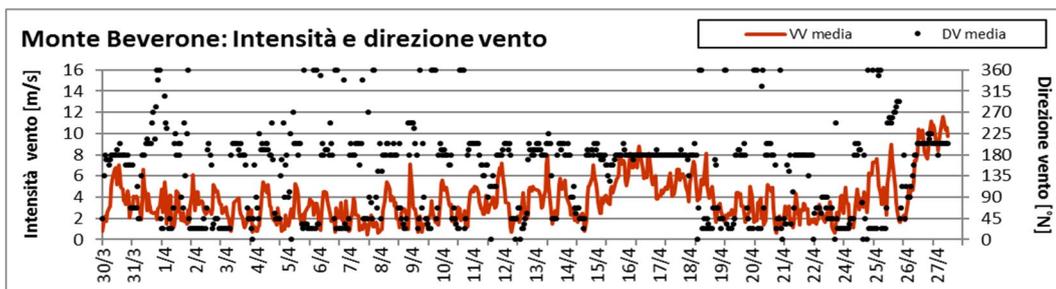


Figura 20 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 16/2 (Monte Beverone).

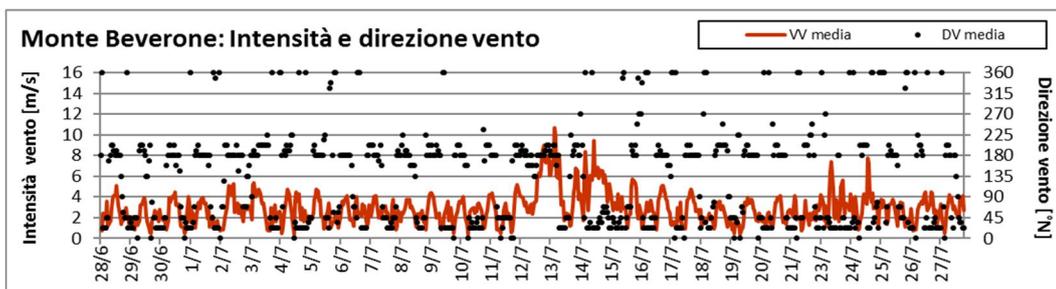


Figura 21 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 16/3 (Monte Beverone).

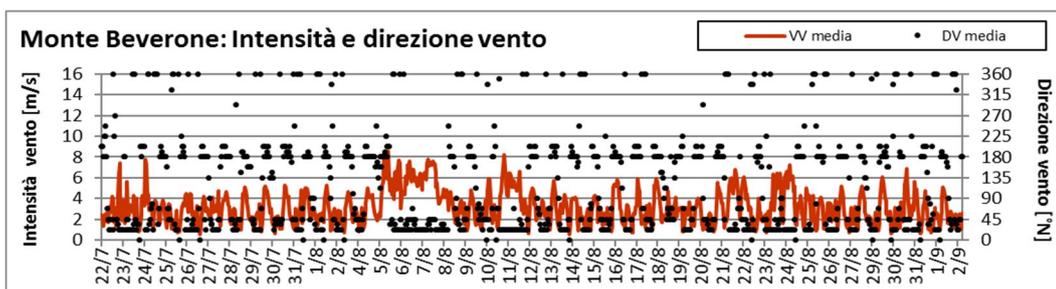


Figura 22 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 16/4 (Monte Beverone).



I venti hanno mostrato un comportamento significativamente differente nel corso dei quattro periodi di monitoraggio, con i venti più intensi (sopra i 6 m/s) provenienti quasi sempre dai quadranti settentrionali nelle campagne invernali mentre in quelle estive la velocità media del vento non ha mai raggiunto, nella postazione di La Spezia-Comune, l'intensità dei 10 m/s.

Durante le campagne estive, in assenza di tempo perturbato, sono ben evidenti le brezze marino-costiere, che con il loro ciclo giornaliero presentano comunque punte di intensità del campo di vento di oltre 4 m/s, dando pertanto luogo a condizioni che possono contribuire significativamente ad un risollevarsi periodico delle polveri depositate al suolo.

In termini di frequenza di velocità del vento, i periodi di monitoraggio considerati non sono stati particolarmente diversi, anche se vi è stata una frequenza maggiore di ore con venti a velocità tra i 2 m/s e 4 m/s nel periodo estivo rispetto a quello invernale quando, soprattutto nel corso della campagna **P14 16/1**, le classi di velocità tra 2 e 8 m/s sono risultate popolate all'incirca in maniera simile e si sono registrati alcuni episodi di venti con velocità superiori ai 10 m/s.

La figura che segue riassume la frequenza di ore con differenti velocità di vento nelle campagne di monitoraggio invernale ed estiva. I dati sono ricavati dalle misure anemometriche relative alla postazione di Monte Beverone:

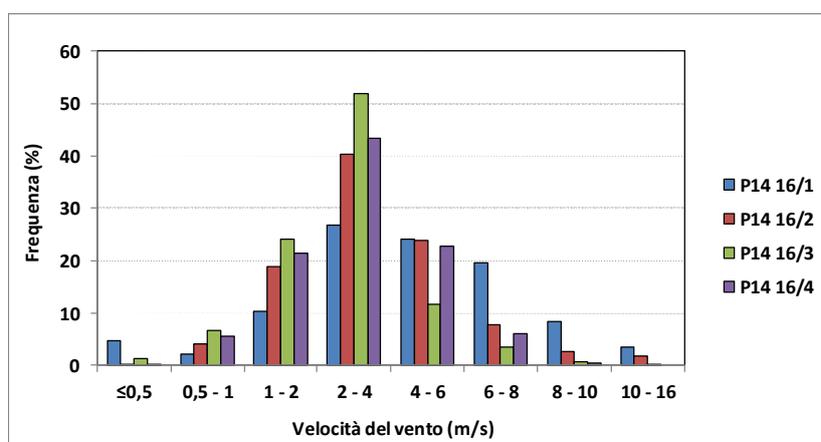


Figura 23 - Frequenze della velocità del vento nei quattro periodi di monitoraggio (postazione di Monte Beverone).

3.1.3 Precipitazioni

I dati delle precipitazioni giornaliere misurate nelle postazioni di Le Grazie, Bolano, Comune e Chiappa sono riportati in Appendice 2. Di seguito sono riassunti il numero di eventi meteorici significativi¹¹ e la precipitazione totale misurata presso le postazioni della rete ARPAL di Comune della Spezia (rappresentativa dell'area urbana della città), La Foce-Monte Viseggi (rappresentativa della zona collinare nord-occidentale) e Fornola (rappresentativa dell'area val di Magra/Vara):

Comune della Spezia				
	Campagna P14 16/1	Campagna P14 16/2	Campagna P14 16/3	Campagna P14 16/4
N° eventi meteorici	7	3	1	3
N° giorni totali	12	5	1	3
Precipitazione totale [mm]	108	81	0,4	26

La Foce – Monte Viseggi				
	Campagna P14 16/1	Campagna P14 16/2	Campagna P14 16/3	Campagna P14 16/4
N° eventi meteorici	7	4	2	3
N° giorni totali	14	9	2	4
Precipitazione totale [mm]	147	73	11	66

Fornola				
	Campagna P14 16/1	Campagna P14 16/2	Campagna P14 16/3	Campagna P14 16/4
N° eventi meteorici	6	4	0	3
N° giorni totali	13	9	0	4
Precipitazione totale [mm]	130	54	0	97

Le precipitazioni totali sono risultate significativamente differenti tra le varie campagne e sono ben evidenti le variazioni nelle cumulate tra le postazioni, con valori, nella campagna **P14 16/4**, anche differenti di circa il 400% tra l'area urbana e la val di Magra: ciò sta a testimoniare l'estrema complessità del territorio in esame che anche per questi aspetti risulta non omogeneo, pur essendo l'area di studio dell'ordine di solo 100 km².

Di seguito è mostrato l'andamento temporale degli eventi di precipitazione nei quattro periodi di monitoraggio:

¹¹ Per eventi si è inteso il numero di periodi piovosi, che possono essere quindi di durata plurigiornaliera.

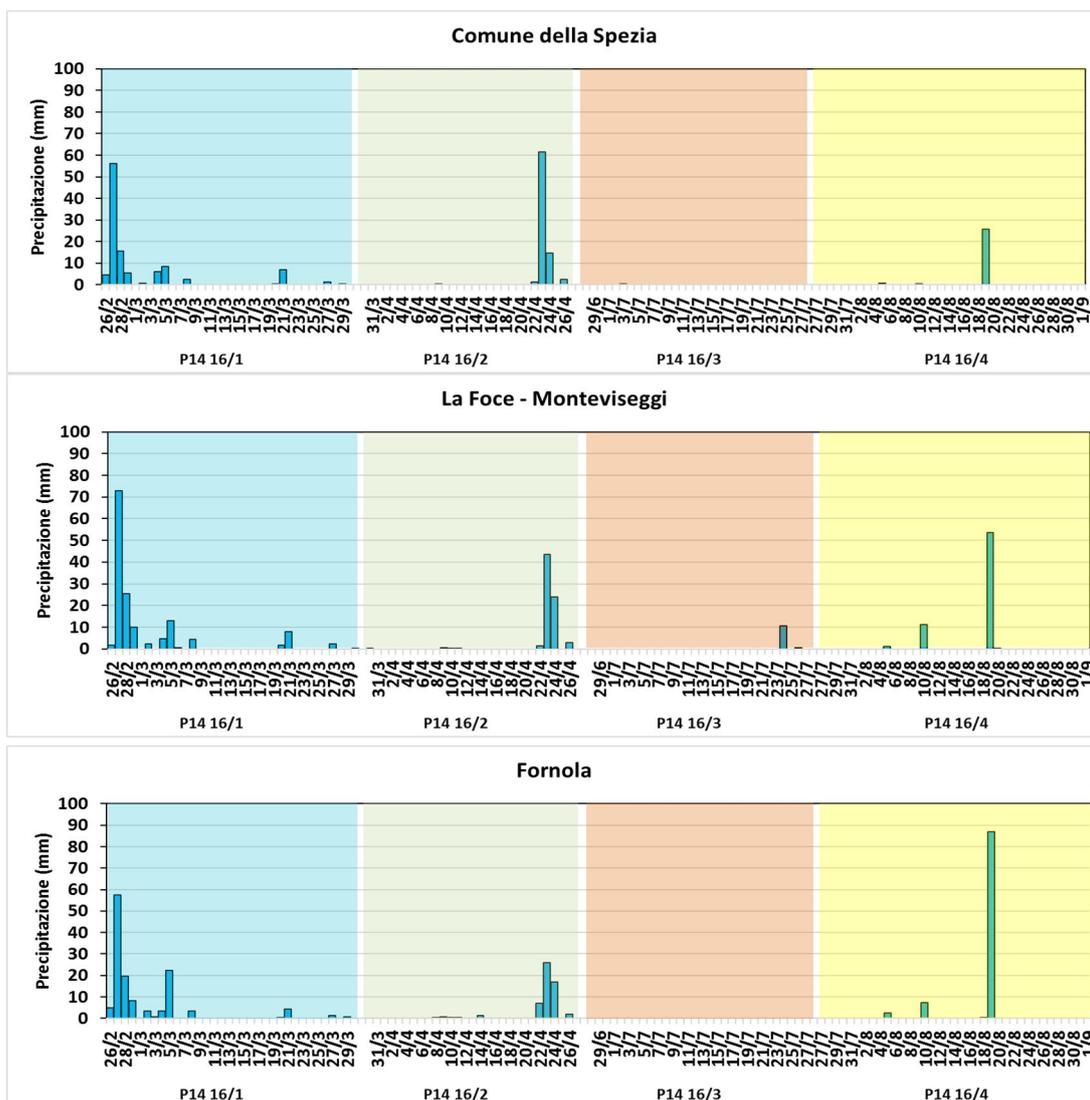


Figura 24 - Precipitazioni durante il periodo delle campagne.

Di seguito sono riportati alcuni commenti agli eventi di precipitazione avvenuti durante le quattro campagne di monitoraggio:

- Campagna **P14 16/1**: l'evento più intenso è avvenuto a fine febbraio, quando tra il 26/02 e il 29/02 si sono rilevati 82 mm di precipitazione a Comune, 110 mm a La Foce Monte Viseggi e 90 mm a Fornola;
- Campagna **P14 16/2**: durante questo periodo i giorni con piogge più intense sono stati tra il 22 e il 24 aprile: durante questi 3 giorni si sono misurati 78 mm a Comune, 69 mm a La Foce Monte Viseggi e 50 mm di pioggia a Fornola;
- Campagna **P14 16/3**: durante questo periodo si sono avuti poche giornate di pioggia e non in tutte le stazioni. L'evento più intenso si è avuto alla Foce il giorno 24/07 con 10 mm di precipitazione.
- Campagna **P14 16/4**: questo periodo è stato caratterizzato da 3 eventi meteorici di cui uno particolarmente intenso caratterizzato da una cumulata di 25,6 mm di precipitazione a Comune, 53,6 mm a La Foce-Monte Viseggi e 87 mm a Fornola.

3.1.4 Confronto tra dati pluviometrici e precipitazioni raccolte dai deposimetri

La tabella seguente riporta l'entità delle precipitazioni umide raccolte dai deposimetri inorganici ed organici durante i quattro periodi di monitoraggio:

Postazione	Sigla	Data Inizio	Data Fine	Deposimetri inorganici precipitazione [mm]	Deposimetri organici precipitazione [mm]
Campagna P14 16/1					
Bolano	BL	26/2/2016	30/3/2016	179	162
Follo	FL	26/2/2016	30/3/2016	142	151
Arcola	AR	26/2/2016	30/3/2017	141	130
Le Grazie	LG	26/2/2016	30/3/2018	123	141
Chiappa	CH	26/2/2016	30/3/2019	169	157
Maggiolina	MG	26/2/2016	30/3/2020	144	143
Saint Bon	SB	26/2/2016	30/3/2021	156	154
Canaletto	MM	26/2/2016	30/3/2024	127	146
Melara	ME	26/2/2016	30/3/2025	127	130
Fossamastra	FS	26/2/2016	30/3/2016	136	138
Campagna P14 16/2					
Bolano	BL	30/3/2016	27/4/2016	46	43
Follo	FL	30/3/2016	27/4/2016	63	65
Arcola	AR	30/3/2017	27/4/2017	83	78
Le Grazie	LG	30/3/2018	27/4/2018	91	92
Chiappa	CH	30/3/2019	27/4/2019	76	76
Maggiolina	MG	30/3/2020	27/4/2020	87	76
Saint Bon	SB	30/3/2021	27/4/2021	83	88
Melara	ME	30/3/2024	27/4/2024	74	73
Fossamastra	FS	30/3/2025	27/4/2025	77	76
Campagna P14 16/3					
Bolano	BL	28/06/2016	28/7/2016	30	35
Follo	FL	28/06/2017	28/7/2017	2	14
Arcola	AR	28/06/2018	28/7/2018	0	10
Le Grazie	LG	28/06/2019	28/7/2019	0	11
Chiappa	CH	28/06/2020	28/7/2020	1	16
Maggiolina	MG	28/06/2021	28/7/2021	0	11
Saint Bon	SB	28/06/2022	28/7/2022	0	8
Melara	ME	28/06/2024	28/7/2024	0	14
Fossamastra	FS	28/06/2025	28/7/2025	0	11
Campagna P14 16/4					
Bolano	BL	28/7/2016	1/9/2016	37	54
Follo	FL	28/7/2017	1/9/2016	21	65
Arcola	AR	28/7/2018	1/9/2016	43	54
Le Grazie	LG	28/7/2019	1/9/2016	2	11
Chiappa	CH	28/7/2020	1/9/2016	68	81
Maggiolina	MG	28/7/2021	1/9/2016	71	81
Saint Bon	SB	28/7/2022	1/9/2016	48	54
Melara	ME	28/7/2024	1/9/2016	112	107
Fossamastra	FS	28/7/2025	1/9/2016	45	59

Tabella 9 - Entità delle precipitazioni raccolte dai deposimetri. Valori in mm.

Le campagne **P14 16/1** e **P14 16/2** sono state caratterizzate da quantitativi significativi di precipitazione con scostamenti percentuali molto contenuti tra i due deposimetri. Nel corso delle campagne estive la quantità di precipitazione raccolta è stata di gran lunga inferiore; le differenze riscontrate tra le due tipologie di raccoglitori, contenute in termini assoluti ma rilevanti in termini percentuali, possono essere ricondotte molto

probabilmente ad una diversa evaporazione dovuta ai materiali che li costituiscono (plastica per gli inorganici, vetro per gli organici) ed anche ai fattori di forma degli imbuti che presentano il collo con diametro significativamente differente.

Nella figura che segue è mostrata la correlazione tra le entità di precipitazioni raccolte dai deposimetri per specie inorganiche e organiche installati in parallelo nelle postazioni di monitoraggio:

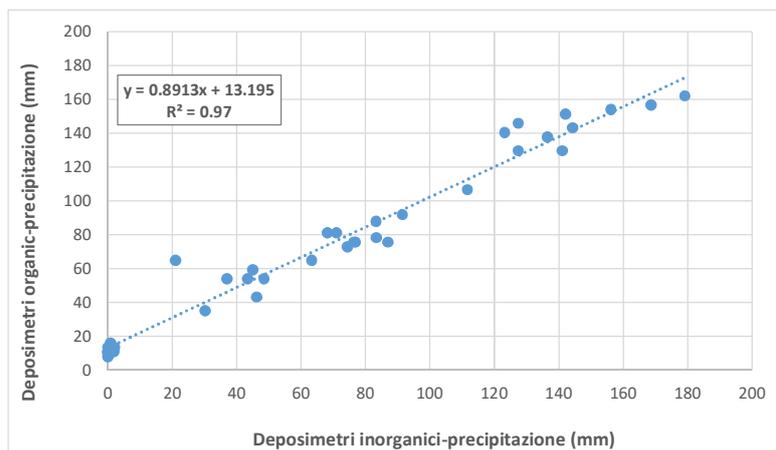


Figura 25 – Correlazione tra le precipitazioni raccolte dai deposimetri installati in parallelo.

Come già in passato, a parte singoli e limitati casi, probabilmente legati alla intensità delle precipitazioni e alla turbolenza atmosferica, la correlazione appare molto buona ed entrambi i tipi di campioni sono rappresentativi delle deposizioni umide avvenute nel periodo.

La tabella seguente sintetizza i valori medi delle precipitazioni raccolte dai deposimetri organici e inorganici nelle quattro campagne:

Campagna	n	Media	Dev. Std	Mediana	Minimo	Massimo
P14 16/1	20	145	15	142	123	179
P14 16/2	18	75	14	76	43	92
P14 16/3	18	9	10	8	0	35
P14 16/4	18	56	29	54	2	112

Tabella 10 - Valori statistici delle deposizioni umide raccolte nei deposimetri.

Nella figura seguente sono confrontate le medie delle precipitazioni raccolte dai deposimetri delle varie postazioni nei quattro periodi di monitoraggio:

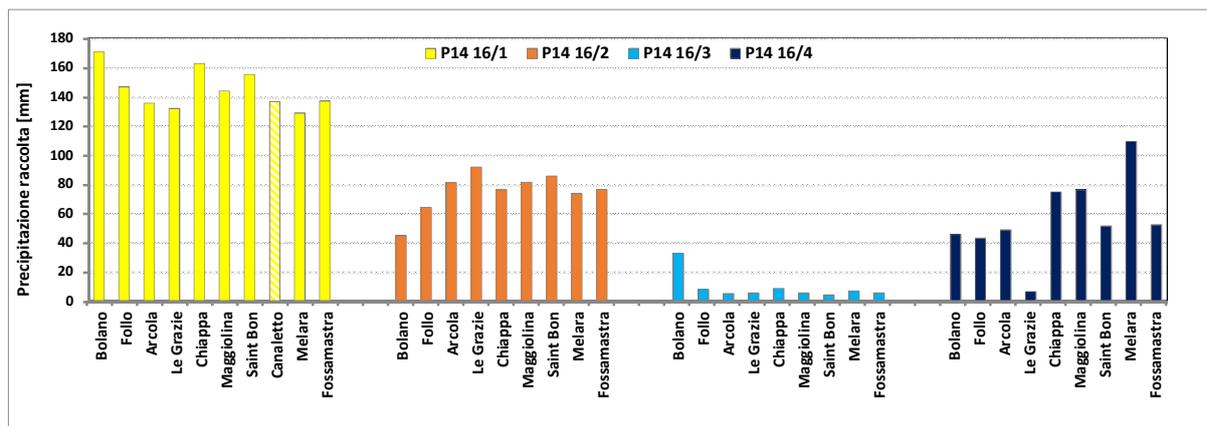


Figura 26 – Precipitazioni raccolte dai deposimetri durante i quattro periodi di monitoraggio.

Nella campagna **P14 16/1** e nella **P14 16/2** la quantità maggiore di precipitazione è stata raccolta dai deposimetri installati rispettivamente a Bolano e Le Grazie. La campagna **P14 16/3** è stata invece caratterizzata da precipitazioni praticamente assenti e da quantitativi significativi solo a Bolano.

Infine, nel corso della campagna **P14 16/4**, Le Grazie, come già avvenuto nel corso dell'estate 2015, è la postazione che ha mostrato un maggiore scostamento nella cumulata rispetto alle altre, con un deficit rispetto a quella di Melara, dove si è registrato il massimo del periodo, superiore ai 100 mm. Melara, è collocata sull'altro versante del Golfo della Spezia rispetto a Le Grazie, ad una distanza di soli 6 km in linea d'aria: la marcata differenza è spiegabile sia con la tipologia dei fenomeni precipitativi che hanno caratterizzato il periodo estivo - temporali che, come noto, spesso colpiscono a 'macchia di leopardo' - sia con l'orografia complessa che caratterizza l'area di studio.

3.2 Caratteristiche meteo generali delle campagne integrative effettuate a Melara.

Nel seguito sono descritte le principali caratteristiche meteorologiche delle cinque campagne di monitoraggio integrative che hanno consentito di monitorare con continuità nel corso dell'anno 2016 le deposizioni inorganiche presso il sito di Melara. Nella tabella che segue è riportata l'articolazione delle diverse campagne ed il raffronto tra la precipitazione raccolta nei deposimetri e quella rilevata presso la postazione di La Spezia Comune.

Campagna	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Precipitazione raccolta [mm]	Precipitazione Stazione Spezia Comune [mm]
P14 16/A	27/04/2016	30/05/2016	34	63	62,2
P14 16/B	30/05/2016	28/06/2016	30	268	161,4
P14 16/C	01/09/2016	30/09/2016	30	55	66,8
P14 16/D	30/09/2016	31/10/2016	32	104	85,6
P14 16/E	31/10/2016	01/12/2016	32	174	138,4

Per completare la copertura annuale un'ulteriore campagna è stata effettuata anche nel mese di dicembre ma, essendosi sviluppata in parte anche nel corso del mese di gennaio 2017, sarà elaborata e discussa nel prossimo Rapporto.

3.2.1 La situazione meteo nel corso della campagna P14 16/A (27/04/2016 ÷ 30/05/2016)

Il monitoraggio dopo una prima fase caratterizzata da ingressi freschi e instabili che portano anche nevischio sulle Alpi e occasionalmente sulle zone più interne e elevate del levante ligure, vede prendere campo, già nel corso dei primi giorni di maggio, un'estesa area di alta pressione, che tende temporaneamente a condizionare il tempo sul Mediterraneo.

L'anticiclone, già verso la fine della prima decade, si ritira gradualmente verso il Mare del Nord e il Mar Baltico: sull'Europa occidentale si evidenzia una profonda depressione poco a Ovest del Portogallo che causa condizioni perturbate sulla penisola Iberica, in progressiva estensione verso la Francia e le regioni Alpine, quindi verso il centro Europa e la Penisola Italiana. Tale depressione attiva un intenso flusso da Sud-Ovest sul Mediterraneo Occidentale, associato a piogge, un aumento dell'instabilità con un calo termico sul Mediterraneo centrale e sulla nostra Penisola.

Tra la metà del mese e la terza settimana, una rimonta anticiclonica sull'Atlantico orientale e l'Europa Nord-occidentale comporta la discesa di aria più fredda dall'Europa centro-orientale: in questa configurazione la Liguria viene interessata dalla formazione di alcuni minimi secondari (tra il 13-15 e 18-19 maggio), che mantengono condizioni di moderata instabilità sulla regione e le zone limitrofe, con temperature lievemente sotto l'atteso associate a una vivace ventilazione in prevalenza occidentale. Nell'ultima settimana di maggio il flusso perturbato principale tende nuovamente ad abbassarsi: in questo contesto diverse saccature, soprattutto alla fine del periodo di monitoraggio, danno luogo a spiccata instabilità sul Nord Italia, legata a rovesci e temporali soprattutto sul levante ligure.

In conclusione un periodo all'insegna del tempo a tratti instabile soprattutto nella parte centrale quando si sono avuti i più significativi eventi precipitativi, ma sostanzialmente in linea con la climatologia, sia per quanto riguarda le piogge, che le temperature.

3.2.2 La situazione meteo nel corso della campagna P14 16/B (30/05/2016 ÷ 28/06/2016)

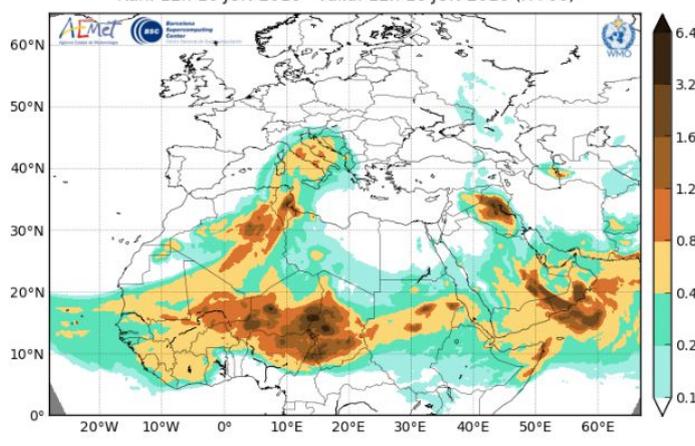
Dopo un mese di maggio in cui si evidenziava la presenza di un'anomalia di geo potenziale positiva a latitudini settentrionali ed il dominio di una vasta area depressionaria alle nostre latitudini, anche la prima parte di giugno tende a mantenere questa caratteristica.

Questa configurazione determina tempo variabile sul Nord Italia e le regioni centro settentrionali, con episodi temporaleschi locali anche intensi in Pianura Padana, sulle zone alpine, lungo l'Appennino centro settentrionale, con alcuni significativi sconfinamenti anche nella nostra provincia (in data 3, si segnalano 100 mm/24h sul capoluogo ed in data 14, 53 mm/1h ad Arcola).

Nel corso della seconda parte del mese le anomalie di geo-potenziale si invertono decisamente: assistiamo pertanto ad un miglioramento delle condizioni meteo sulla penisola e a un evidente aumento termico legato ad un significativo richiamo di aria calda dall'Africa (a partire dal 16-17 del mese) che ha dato luogo ad un importante trasporto di sabbia dal Nord Africa verso il meridione e le regioni balcaniche (interessando marginalmente anche il levante della Liguria) e temperature in netta risalita proprio intorno al solstizio d'estate, con i primi eventi di notti tropicali (caratterizzate da T min > 20 °C).

In conclusione dunque, il mese di giugno in cui si è sviluppato il monitoraggio, è stato all'insegna di un tempo a tratti instabile con episodi temporaleschi anche intensi (caratterizzati anche da estrema variabilità spaziale nei valori cumulati, come testimoniato dal raffronto tra la precipitazione raccolta a Melara e quella rilevata presso la postazione del Comune della Spezia), temperature sotto l'attesa fino a metà mese, ed un ritorno, contestuale al bel tempo stabile, nei valori climatologici in concomitanza con il solstizio d'estate.

Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>
NMMB/BSC-Dust Res:0.1°x0.1° Dust AOD
Run: 12h 16 JUN 2016 Valid: 12h 16 JUN 2016 (H+00)



3.2.3 La situazione meteo nel corso della campagna P14 16/C (01/09/2016 ÷ 30/09/2016)

Nella prima settimana di monitoraggio proseguono le condizioni di bel tempo che hanno caratterizzato la fine di Agosto, con il dominio dell'anticiclone della Azzorre ai bassi livelli su gran parte dell'Europa e valori di geo-potenziale superiori all'atteso: le temperature, attestate su valori prettamente estivi, durante le ore notturne sono rimaste anche sopra i 20°C.

Intorno alla metà del mese si ha un primo isolato episodio di moderato maltempo, legato ad un sistema frontale atlantico sceso verso il Mediterraneo occidentale che staziona sulle regioni settentrionali e i versanti tirrenici, anche per effetto di una configurazione di blocco dovuta alla presenza di una struttura anticiclonica sull'Europa nord-orientale. Il peggioramento è caratterizzato da un richiamo di aria caldo-umida dai quadranti meridionali, e da luogo ad episodi temporaleschi e rovesci a tratti intensi, con significativa attività elettrica.

Dopo pochi giorni si assiste all'ingresso di aria più fresca in quota associata a condizioni di variabilità che riportano solo temporaneamente le temperature nella norma spezzando la fase di caldo anomalo.

Ma l'ultima parte di settembre vede una generale ripresa delle condizioni anticicloniche con giornate più stabili e prevalentemente soleggiate sul Nord e la Liguria: il rinforzo dell'anticiclone porta il ritorno delle "giornate estive", caratterizzate da temperature massime superiori ai 25 gradi in un contesto comunque di maggiore escursione termica, soprattutto nelle zone interne, anche per l'arrivo della stagione autunnale alla quale è associata un graduale diminuzione delle ore di luce.

Dal punto di vista delle precipitazioni sulla Liguria i valori sono risultati nella norma con maltempo concentrato verso la sua metà di Settembre, quando si è avuta una persistenza di giornate di brutto tempo, in modo marcato sulla provincia spezzina.

3.2.4 La situazione meteo nel corso della campagna P14 16/D (30/09/2016 ÷ 31/10/2016)

La prima settimana di monitoraggio vede ancora il permanere di un campo di pressione al suolo caratterizzato da un'anomalia positiva su gran parte dell'Europa settentrionale con valori abbastanza in linea con la climatologia su gran parte del continente. Ciò provoca però il richiamo di correnti continentali dai quadranti nord-orientali legate anche alla presenza di un vortice depressionario freddo sull'Europa centro-orientale che danno luogo ad improvvisi quanto temporanei raffreddamenti dei bassi strati atmosferici dai quali scaturiscono alcuni episodi temporaleschi come quello avvenuto in data 1 ottobre.

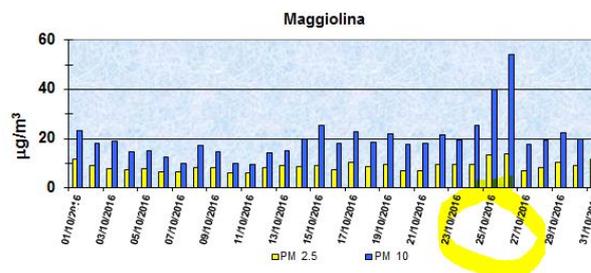
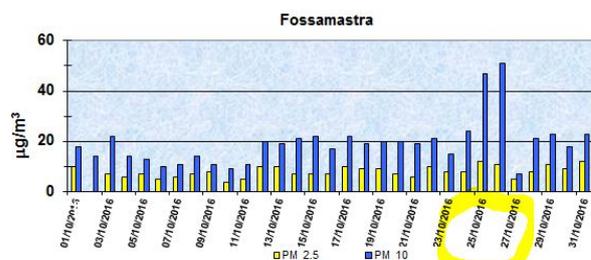
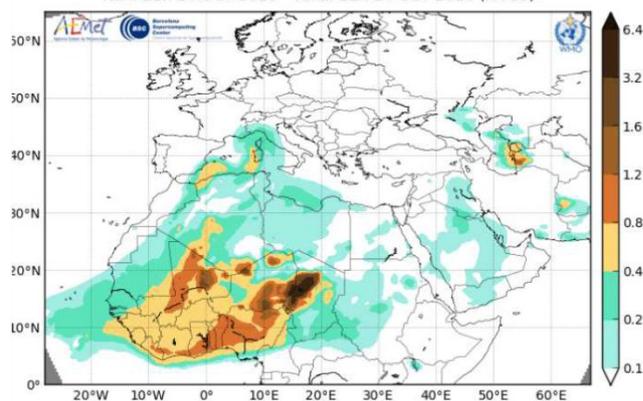
Un altro evento di rilievo si è avuto verso metà del mese quando, una stretta saccatura in quota, si è spostata dal vicino atlantico alla Penisola Iberica, fino a lambire l'Africa settentrionale e ha convogliato sul Mediterraneo occidentale aria calda e umida di estrazione subtropicale; l'area depressionaria si è progressivamente ampliata andando ad interessare l'intera porzione occidentale del bacino Mediterraneo, per poi spingersi anche il Nord – Ovest e Liguria con fenomeni precipitativi che non sono però stati particolarmente intensi.

Nella seconda parte del mese si osserva una nuova rimonta anticiclonica associata ad un aumento della pressione, questa volta anche a latitudini più meridionali, con la creazione di una sorta di ponte tra l'anticiclone delle Azzorre e quello posizionato sul

Nord Europa; un break si è avuto solo a tratti all'inizio della terza decade per effetto di qualche infiltrazione atlantica e di un nuovo impulso fresco proveniente dall'Europa Settentrionale. A parte questo, il predominio dell'anticiclone sulle nostre regioni prosegue anche a fine mese: tale configurazione risulta associata a temperature anomale e assai miti e giornate ancora balneari nel ponte di 'Ognissanti'.

Da segnalare per il suo impatto sul particolato sulla nostra penisola nella quarta settimana del mese l'attivazione di un sostenuto flusso di correnti sud-occidentali che dall'entroterra desertico algerino si è mossa in direzione del bacino centro-occidentale del mar Mediterraneo, contribuendo ad avvettare masse d'aria piuttosto calde, di origine sub-tropicale continentale. L'aria risucchiata dall'entroterra desertico dell'Algeria centrale è risultata carica di polveri contribuendo significativamente ad innalzare prevalentemente i valori della frazione più grossolana del particolato (PM10), come è evidente dall'anomalo rapporto PM10/PM2.5 rilevato nei giorni 25 e 26 ottobre sulla RQA (si vedano i grafici seguenti relativi all'andamento di tali parametri su due postazioni nel corso di del mese di Ottobre), ed impattando ovviamente in modo significativo anche sulle deposizioni.

Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>
NMMB/BSC-Dust Res: 0.1°x0.1° Dust Load (g/m²)
Run: 12h 24 OCT 2016 Valid: 12h 24 OCT 2016 (H+00)



Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
BS OHSAS 18001
Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato



3.2.5 La situazione meteo nel corso della campagna P14 16/E (31/10/2016 ÷ 01/12/2016)

Nel mese di Novembre si entra nel vivo dell'autunno: dopo qualche giorno di bel tempo e caldo anomalo già nel corso della prima settimana una configurazione depressionaria posizionata sull'Europa centro-occidentale richiama dal Mediterraneo occidentale e dalle coste dell'Africa flussi meridionali perturbati e instabili con precipitazioni più significative su Levante ligure e Toscana. In particolare nei giorni 5 e 6 novembre si è avuta un'intensa ventilazione dai quadranti meridionali su gran parte della regione, con raffiche fino a burrasca forte o tempesta (a Casoni di Suvero nella serata di sabato 5 novembre il vento medio si è mantenuto superiore ai 100 km/h per circa un'ora, con raffiche dell'ordine di 150-170 km/h) e conseguente intensa mareggiata sulle coste esposte. In questi due giorni i quantitativi areali di precipitazione hanno evidenziato valori localmente elevati nelle zone interne del levante, mentre sulla città le cumulate hanno evidenziato valori estremamente variabili per effetto del carattere temporalesco delle stesse (come risulta anche dal raffronto tra la precipitazione raccolta a Melara e quella rilevata presso la postazione del Comune della Spezia).

Nella seconda parte del mese, invece, tende a prevalere un'azione di blocco legata a una rimonta della pressione sull'Europa orientale e settentrionale che comporta un intenso richiamo di correnti lungo i meridiani, più accentuato nell'ultima decade del mese, quando si è avuta una significativa avvezione calda di origine sub tropicale dal nord Africa verso le coste settentrionali mediterranee e le regioni tirreniche. Si sono registrate intense precipitazioni anche a carattere di forti rovesci temporaleschi tra il 19 e 25 novembre, che hanno interessato in particolare la Liguria/basso Piemonte e che sono stati caratterizzati da venti eccezionali intensi non solo sui crinali appenninici ma anche sulla costa (nella stazione in comune di Riomaggiore si sono osservati 140 km/h di Scirocco)

Nell'ultima parte del periodo invece si è avuta una meridionalizzazione del flusso sciroccale che ha comportato una persistente avvezione umida sul Mediterraneo e le zone tirreniche/liguri e, nelle giornate a cavallo con dicembre, un ritorno più fresco orientale di origine balcanica.

Dal punto di vista delle temperature, novembre si presenta molto altalenante, caratterizzato almeno inizialmente dal ritorno di un tempo più fresco, poi della seconda parte del mese vede una significativa anomalia calda; per quanto riguarda l'andamento delle precipitazioni è risultato in linea con le attese climatologiche

4. Operatività della Centrale ENEL durante le campagne

Durante il periodo di monitoraggio sono stati raccolti ed elaborati i principali dati di impianto legati al funzionamento e alle emissioni della Centrale Termoelettrica ENEL. Nel seguito sono riportati in forma grafica, per le campagne di monitoraggio **P14 16/1**, **P14 16/2**, **P14 16/3** e **P14 16/4** i principali parametri caratteristici del gruppo SP3, con valori desunti dallo SDEE (database Scambio Dati Enti Esterni): potenza [MW], portata OCD [T/h], portata carbone [T/h], portata metano [Nm³/h], NO_x [mg/Nm³], SO₂ [mg/Nm³], CO [mg/Nm³] e polveri [mg/Nm³].

Il Gestore ha anticipato per il gruppo SP3 l'applicazione dei valori limiti di emissione prescritti dal quarto anno di validità dell'AIA già a partire dal 1° Gennaio 2016 in adeguamento alla Direttiva Europea 2010/75/UE "IED" recepita in Italia con il D.Lgs. 4 marzo 2014 n.46, rispettando di fatto i valori limite più restrittivi di quelli previsti dalla IED.

Pertanto i limiti di legge **giornalieri**, vigenti dal 01/01/2016, per le emissioni dei macroinquinanti per il gruppo SP3 indicati nella tabella riportata al par. 10.3.1 del PIC dell'A.I.A. n. 244 del 06/09/2013 sono i seguenti:

- SO₂: 180 mg/Nm³
- NO_x: 180 mg/Nm³
- CO: 150 mg/Nm³
- Polveri: 15 mg/Nm³

Per convenzione, il periodo per ciascuna campagna di campionamento in cui sono state effettuate le seguenti elaborazioni, indicato in seguito, non è esattamente coincidente con quello reale della campagna ma è sfasato di un giorno per evitare sovrapposizioni nei giorni di calcolo.

Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P14 16/1** (26/02-30/03) si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 443 MW ed ha avuto due transitori, uno di arresto il 27/03 e uno di avviamento il 28/03 riportati in Tabella 11 -

Transitori	
dalle	alle
27/03/2016 – 11:00	27/03/2016 – 13:00
28/03/2016 – 14:00	28/03/2016 – 19:00

Tabella 11 - Transitori campagna P14 16/1.

Per il transitorio di avviamento sono stati utilizzati gas naturale e carbone sino al raggiungimento del minimo tecnico (280 MW) e quindi esclusivamente carbone.

L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P14 16/1**, escludendo i valori registrati durante il periodo di fermata, sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro NO_x è 151 mg/Nm³, del parametro SO₂ è 133 mg/Nm³, del parametro polveri è 4,3 mg/Nm³ e del parametro CO è 41 mg/Nm³.

Di seguito sono riportati gli andamenti giornalieri dei parametri caratteristici monitorati.

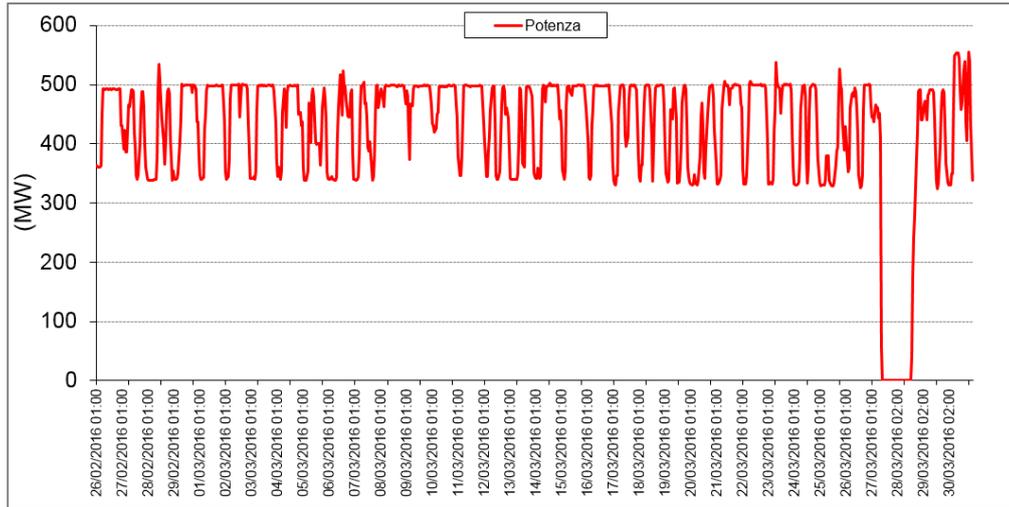


Figura 27 - Potenza generata dalla CTE durante la campagna P14 16/1.

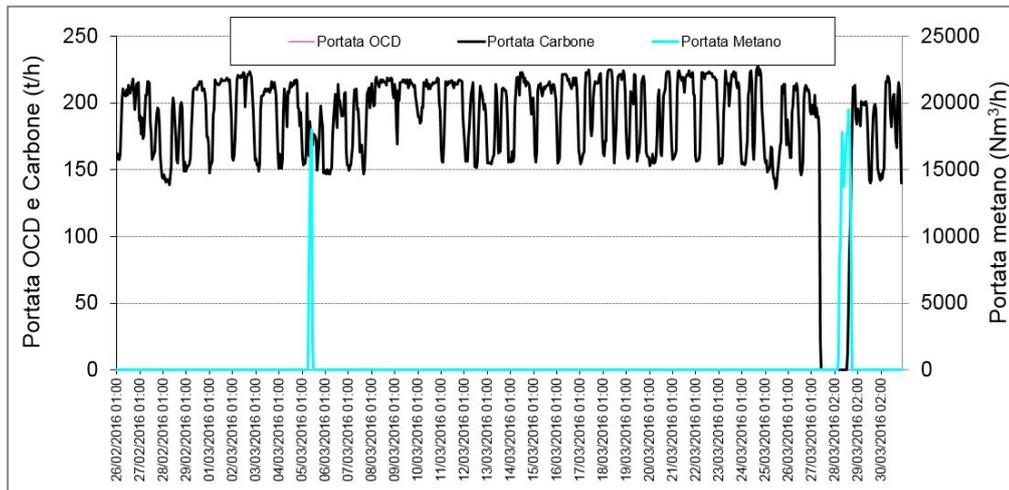


Figura 28 - Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P14 16/1.

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
 BS OHSAS 18001
 Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
 Certificato



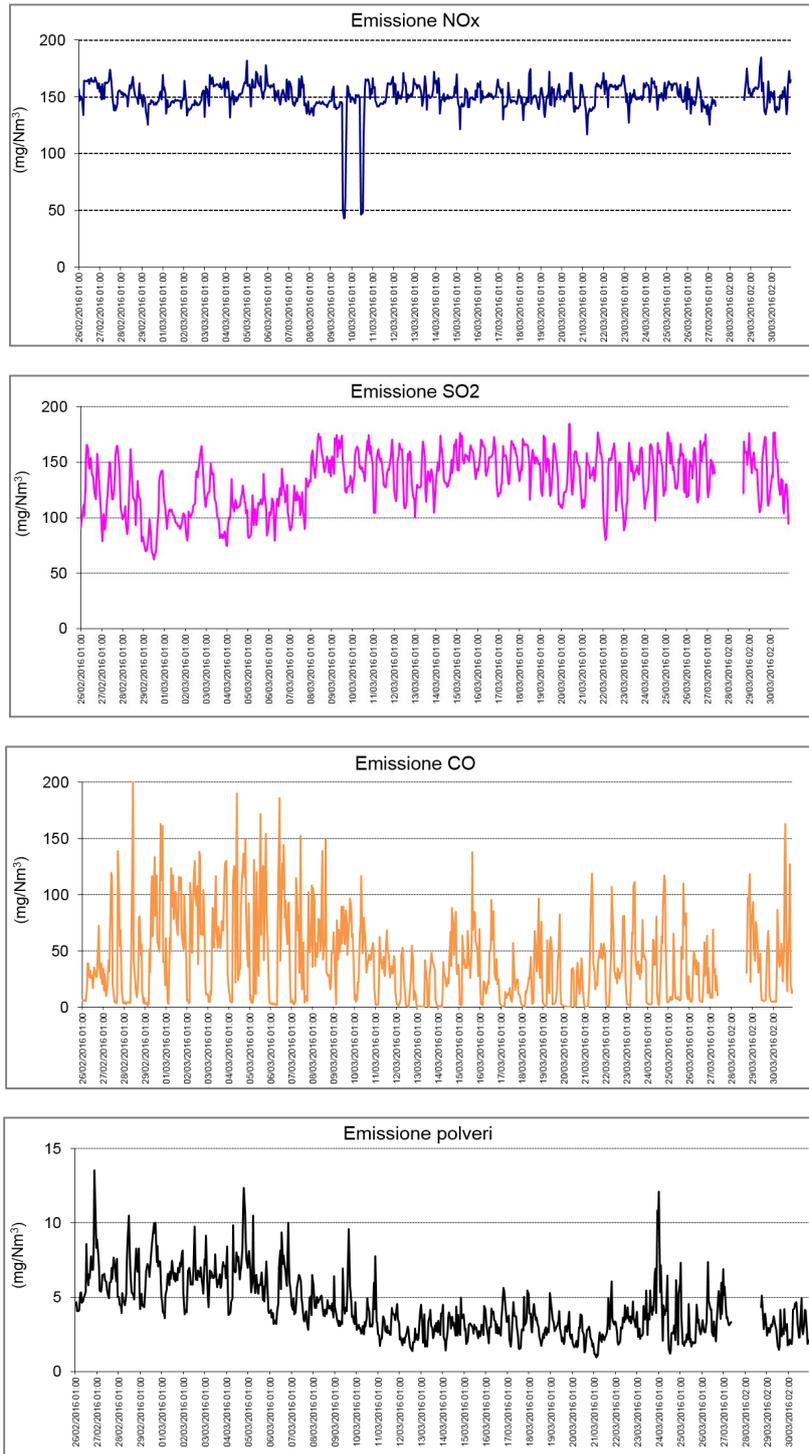


Figura 29 - Emissione di inquinanti dalla CTE nella campagna P14 16/1.

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
BS OHSAS 18001
Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato



Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P14 16/2** (31/03-27/04) si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 454 MW ed ha avuto tre transitori, uno di arresto e mancato avviamento in data 14/04 e uno di avviamento in data 20/04 riportati in Tabella 12:

Transitori	
dalle	alle
14/04/2016 – 15:06	14/04/2016 – 15:13
14/04/2016 – 15:58	14/04/2016 – 17:01
20/04/2016 – 02:11	20/04/2016 – 20:59

Tabella 12– Periodi transitori nella campagna P14 16/2.

Per il transitorio di avviamento sono stati utilizzati gas naturale e carbone sino al raggiungimento del minimo tecnico (280 MW) e quindi esclusivamente carbone. L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P14 16/2**, escludendo i valori registrati durante i periodi di fermata, sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro NO_x è 148 mg/Nm³, del parametro SO₂ è 135 mg/Nm³, del parametro polveri è 3,8 mg/Nm³ e del parametro CO è 36 mg/Nm³.

Si riportano di seguito gli andamenti dei parametri caratteristici monitorati:

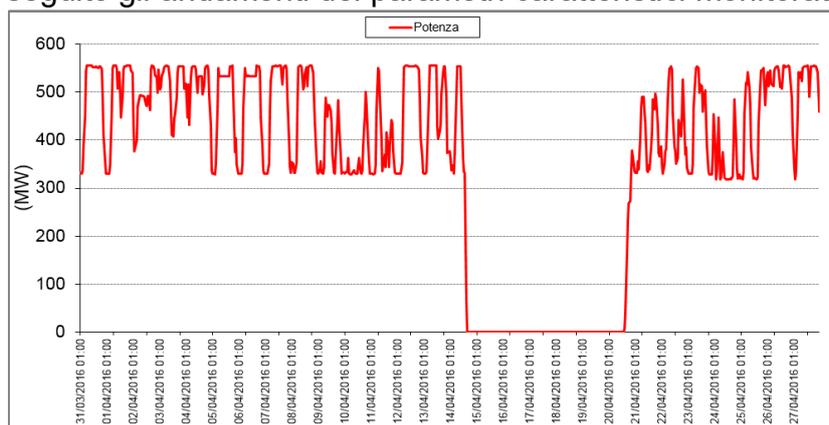


Figura 30- Potenza generata dalla CTE durante la campagna P14 16/2.

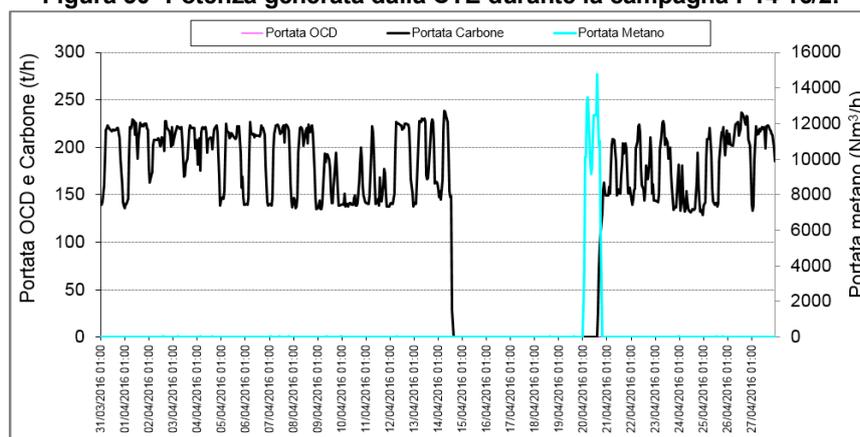


Figura 31- Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P14 16/2.

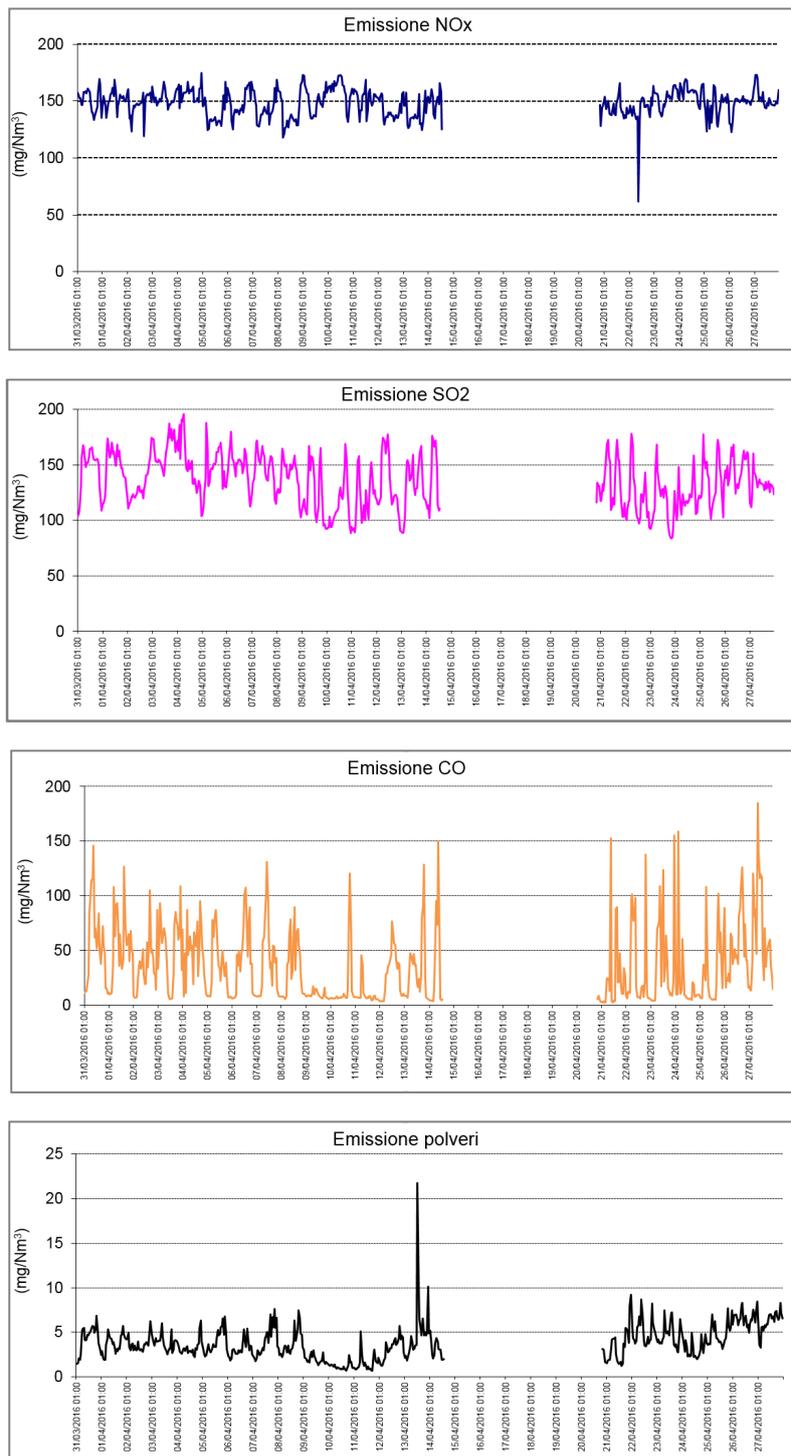


Figura 32- Emissioni di inquinanti dalla CTE nella campagna P14 16/2.

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
 BS OHSAS 18001
 Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
 Certificato



Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P14 16/3** (28/06-28/07), si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 463 MW e **non ha avuto alcun transitorio**.

L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P14 16/3** sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro NO_x è 144 mg/Nm³, del parametro SO₂ è 106 mg/Nm³, del parametro polveri è 3,3 mg/Nm³ e del parametro CO è 52 mg/Nm³.

Si riportano di seguito gli andamenti dei parametri caratteristici monitorati:

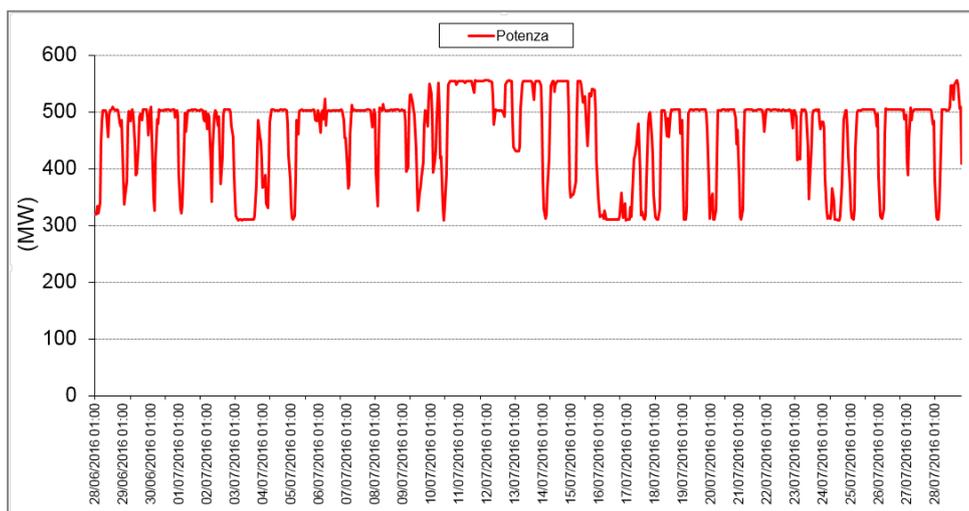


Figura 33- Potenza generata dalla CTE durante la campagna P14 16/3.

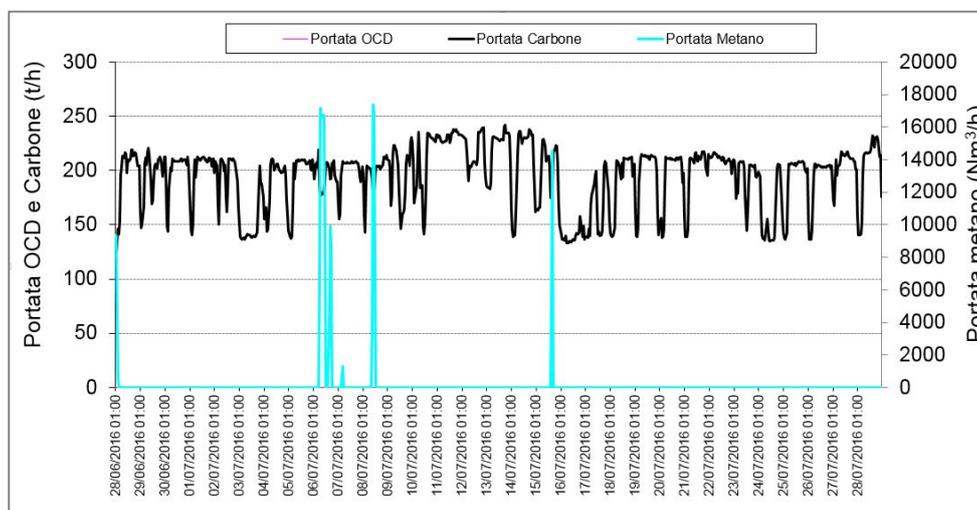


Figura 34- Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P14 16/3.

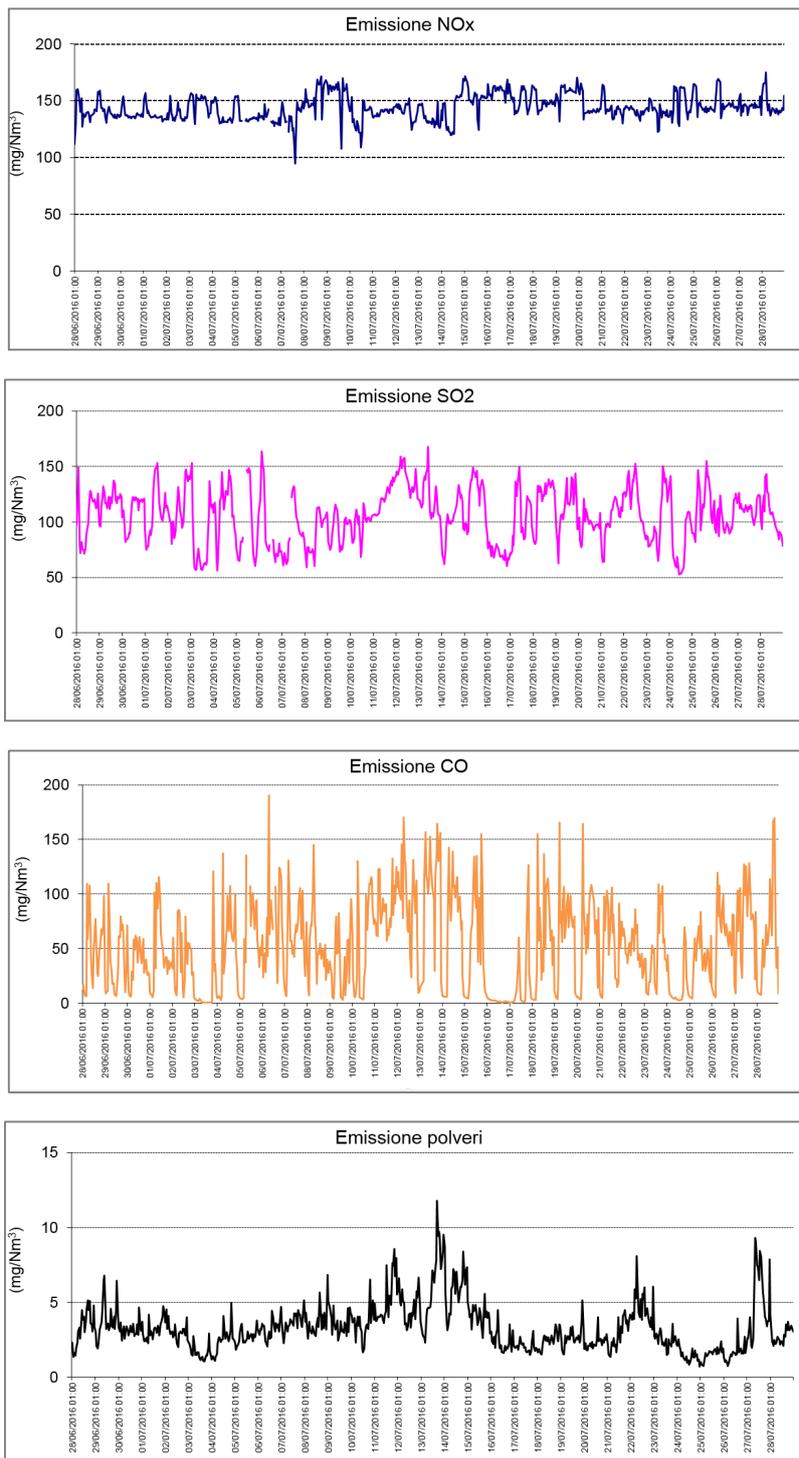


Figura 35- Emissione di inquinanti dalla CTE nella campagna P14 16/3.

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
BS OHSAS 18001
Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato



Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P14 16/4** (29/07-01/09), si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 410 MW ed ha avuto sei transitori: tre di arresto (31/07, 12/08 e 22/08), due di avviamento (05/08 e 21/08) e uno di mancato avviamento in data 31/07, riportati nel dettaglio in Tabella 13:

Transitori	
dalle	alle
31/07/2016 – 15:04	31/07/2016 – 15:05
31/07/2016 – 22:36	31/07/2016 – 23:07
05/08/2016 – 02:54	06/08/2016 – 01:38
12/08/2016 – 23:15	12/08/2016 – 23:15
21/08/2016 – 8:56	22/08/2016 – 11:00
22/08/2016 – 23:06	22/08/2016 – 23:13

Tabella 13 – Transitori campagna P14 16/4.

L'andamento dei macroinquinanti nella campagna **P14 16/4**, escludendo i valori registrati durante i periodi di fermata, sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro NO_x è 143 mg/Nm³, del parametro SO₂ è 92 mg/Nm³, del parametro polveri è 2,5 mg/Nm³ e del parametro CO è 28 mg/Nm³. Si riportano di seguito gli andamenti dei parametri caratteristici monitorati:

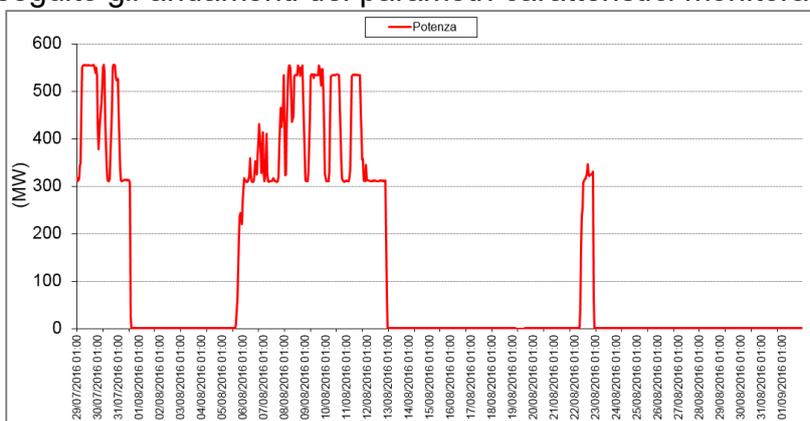


Figura 36- Potenza generata dalla CTE durante la campagna P14 16/4.

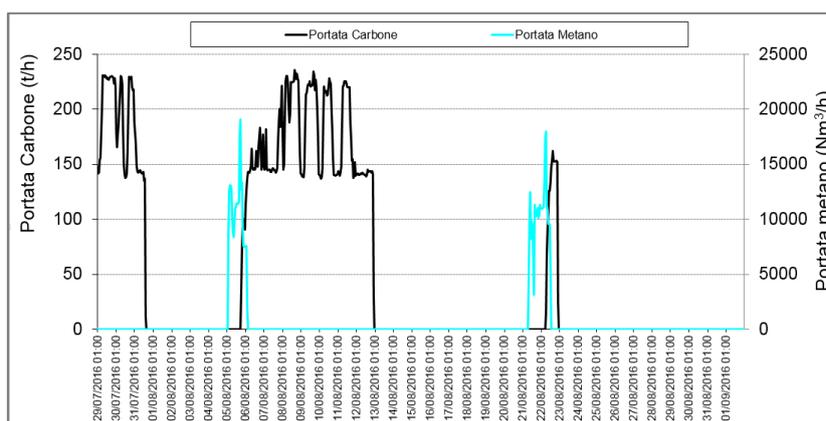


Figura 37- Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P14 16/4.

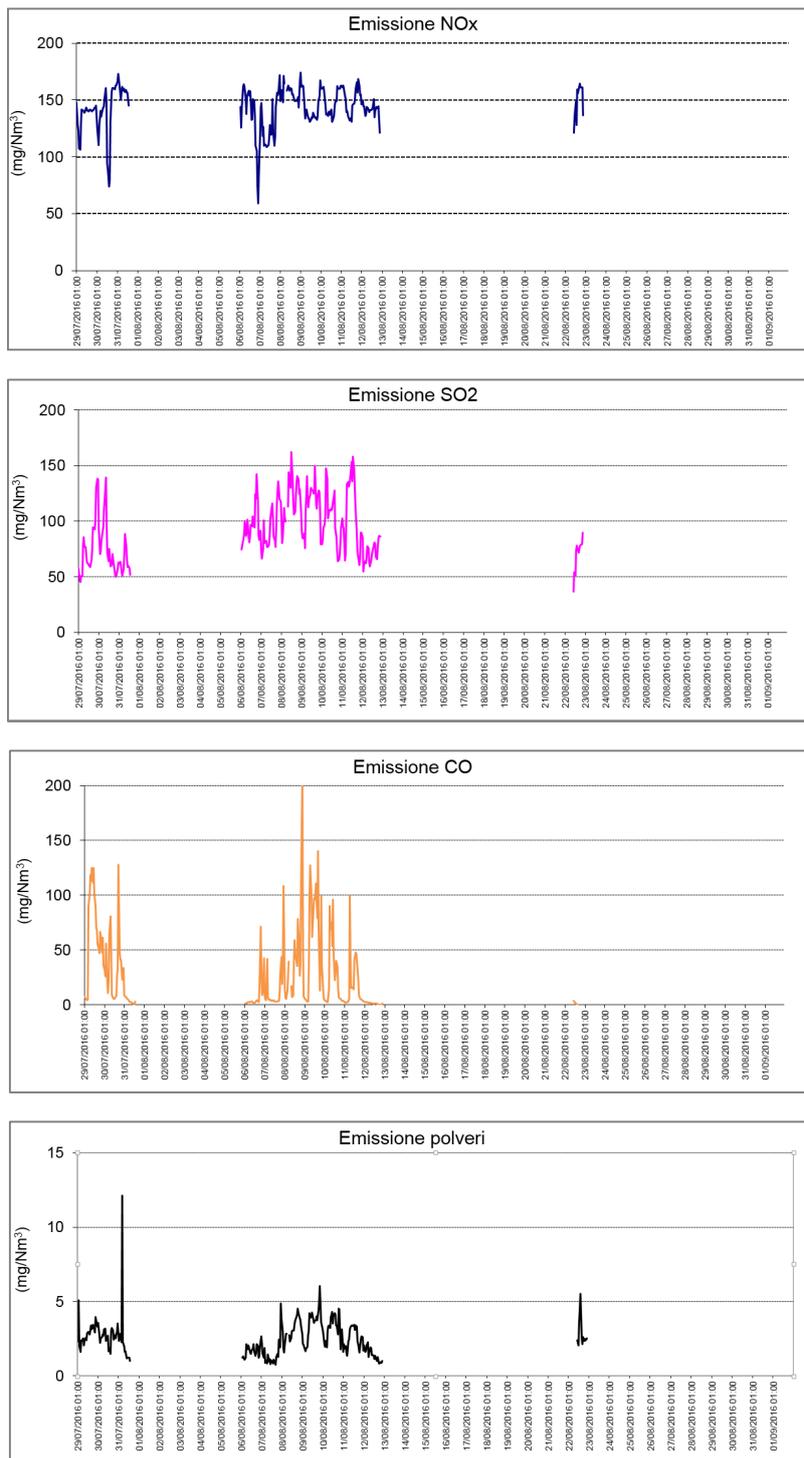


Figura 38- Emissioni di inquinanti dalla CTE nella campagna P14 16/4.

Tenendo in considerazione i fermo impianto verificatisi, si è richiesto al ENEL Produzione S.p.A. il valore delle massiche dei macroinquinanti emessi durante le campagne di monitoraggio: è infatti possibile che, se il gruppo SP3 non avesse subito un fermo impianto, avrebbe emesso un differente quantitativo di massiche di polvere.

	Ore	CO [t]	SO ₂ [t]	NO _x [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	784	53,15	161,30	180,90	5,28
Massiche in transitorio	-	0,27	0,14	0,84	0,09
Totale periodo	-	53,42	161,44	181,74	5,37

Tabella 14 - Valori massici durante la campagna P14 16/1.

	Ore	CO [t]	SO ₂ [t]	NO _x [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	522	32,55	111,05	118,20	3,19
Massiche in transitorio	-	0,64	0,26	1,57	0,05
Totale periodo	-	33,18	111,31	119,77	3,24

Tabella 15 - Valori massici durante la campagna P14 16/2.

	Ore	CO [t]	SO ₂ [t]	NO _x [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	744	66,25	126,32	168,05	4,00
Massiche in transitorio	-	-	-	-	-
Totale periodo	-	66,25	126,32	168,05	4,00

Tabella 16- Valori massici durante la campagna P14 16/3.

	Ore	CO [t]	SO ₂ [t]	NO _x [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	240	11,41	32,66	49,02	0,91
Massiche in transitorio	-	1,41	0,54	4,73	0,10
Totale periodo	-	12,82	33,20	53,74	1,01

Tabella 17 - Valori massici durante la campagna P14 16/4.

I valori forniti sono stati confrontati con la stima delle massiche che si sarebbero avute se l'impianto avesse funzionato sempre a regime, assumendo cautelativamente per il calcolo il valore medio delle polveri registrato durante le singole campagne e la rispettiva portata media teorica secondo AIA del gruppo SP3.

Ne risulta che a seguito dei periodi di fermo impianto, il decremento rispetto alle massiche teoriche per un funzionamento senza interruzioni è risultato essere circa del 29%, 42%, 24% e del 78% per la campagna **P14 16/1**, **P14 16/2**, **P14 16/3** e **P14 16/4** rispettivamente.

Si è voluto allora valutare se l'operatività della centrale nel corso delle campagne fosse in linea con la operatività tipica di un periodo di riferimento più esteso (anno 2016).

Come evidenziato nella tabella che segue, l'impianto nel corso dell'anno 2016 ha subito diversi periodi di fermata quantificabili in circa il 26% del periodo di riferimento (75 giorni di non funzionamento e 291 giorni di funzionamento).

Data inizio	Data fine
6/1/16 1:16	7/1/16 23:57
23/1/16 18:20	19/2/16 15:03
22/2/16 18:04	27/3/16 10:09
28/3/16 17:44	14/4/16 15:06
20/4/16 21:00	13/5/16 13:05
16/5/16 15:10	21/5/16 21:33
23/5/16 12:00	25/5/16 13:27
25/5/16 19:01	3/06/16 22:58
7/6/16 11:55	11/6/16 11:09
13/6/16 9:35	31/7/16 15:05
6/8/16 1:38	12/8/16 23:15
22/8/16 11:00	22/8/16 23:07
5/9/16 1:30	8/10/16 1:04
11/10/16 16:05	14/10/16 08:00
19/10/16 17:02	27/10/16 15:00
27/10/16 23:40	20/11/16 11:51
20/11/16 19:03	13/12/16 8:09
19/12/16 23:26	31/12/16 23:59

Tabella 18 – Periodo di esercizio del gruppo SP3 nell'anno 2016.

Pertanto ne deriva che il gruppo SP3 durante la campagna **P14 16/1** ha registrato un periodo di esercizio (con potenza maggiore di 280 MW) superiore di circa il 22% rispetto a quella di tutto l'anno 2016, durante la campagna **P14 16/2** superiore di circa il 4%, durante la campagna **P14 16/3** superiore di circa il 26%, mentre durante la campagna **P14 16/4** inferiore di circa il 45%.

Il Gestore ha inoltre fornito il rapporto annuale relativo all'anno 2016 dal quale si evince che il gruppo SP3 ha emesso un quantitativo di massiche di polveri pari a 44 t relative ai 291 giorni di funzionamento.

Dall'elaborazione di tale parametro per ogni campagna di campionamento (vedi Tabella 14-Tabella 17), le massiche di polvere, rispetto a quelle mediamente emesse dal gruppo SP3 durante l'anno 2016, sono risultate:

- superiori del 9% nella **P14 16/1**;
- inferiori del 1% nella **P14 16/2**;
- inferiori del 15% nella **P14 16/3**;
- inferiori del 33% nella **P14 16/4**.

5. RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE DELLE DEPOSIZIONI

Come introdotto in precedenza, le campagne di monitoraggio del 2016 sono state effettuate in due periodi stagionali, inverno-primaverile (da 26/2 a 27/4/16) ed estivo (da 28/6 a 1/9/16), suddivisi in sub-periodi, ciascuno della durata di circa un mese, con la Centrale operativa e quasi sempre in esercizio. Di seguito sono riportate le date delle campagne per l'anno 2016 e i giorni di fermo della centrale per ciascuna campagna:

<i>Campagna</i>	<i>Data inizio</i>	<i>Data fine</i>	<i>Durata</i>	<i>Giorni fermo</i>
P 14 16/1	26/02/2016	30/03/2016	33	1
P 14 16/2	30/03/2016	27/04/2016	28	6
P 14 16/3	28/06/2016	28/07/2016	30	0
P 14 16/4	28/07/2016	01/09/2016	35	6+17

Tabella 19 - Campagne 2016 - Periodi di campionamento.

Il monitoraggio delle deposizioni è stato condotto nelle postazioni già utilizzate nel 2015 (Bolano, Follo, Arcola, Le Grazie, Chiappa, Maggiolina, Saint Bon e Fossamastra) con l'aggiunta delle postazioni in cui è stato effettuato il monitoraggio con mezzi mobili, che sono indicate nel prospetto che segue e della postazione fissa di Melara come già descritto nel cap. 2:

<i>Campagna</i>	<i>Data inizio</i>	<i>Data fine</i>	<i>Postazioni coperte da mezzo mobile</i>
P 14 16/1	26/02/2016	30/03/2016	Canaletto
P 14 16/1	26/02/2016	30/03/2016	Melara
P 14 16/2	30/03/2016	27/04/2016	Melara
P 14 16/3	28/06/2016	28/07/2016	Melara
P 14 16/4	28/07/2016	01/09/2016	Melara

Tabella 20 - Campagne aggiuntive e con laboratorio mobile nel 2016 - Periodi di campionamento.

Nel corso delle quattro campagne di monitoraggio per il 2016 (Tabella 1), la centrale è rimasta completamente operativa nel corso della **P14 16/3** mentre nella **P14 16/1** ha subito un arresto dal 27/03 al 28/03 e nella **P14 16/2** dal 15/04 al 20/04; durante la **P14 16/4**, la centrale ha subito due arresti: uno dal 31/07 al 06/08 e uno a partire dal 13/08 fino alla fine della campagna, durante il quale si è registrato un funzionamento dell'unità il giorno 22/08 per circa 12 ore.

Nei paragrafi successivi sono riportati i risultati delle determinazioni di polveri sedimentabili, metalli, specie ioniche e composti organici nelle deposizioni atmosferiche delle campagne di monitoraggio del 2016.

5.1 Ratei di deposizione delle polveri e entità precipitazioni

La tabella seguente riassume i ratei di deposizione delle polveri sedimentabili insolubili in acqua, espressi in mg/m²/d, determinate nei deposimetri inorganici e la precipitazione raccolta da essi, espressa in mm. Nella tabella sono state incluse anche le postazioni legate al posizionamento dei laboratori mobili per campagne spot; nelle campagne in cui non erano presenti è stata inserita la dicitura "na" – "not available".

Postazione	Sigla	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Rateo deposizione insolubile [mg/m ² /d]	Precipitazione raccolta [mm]
Campagna P14 16/1 (Centrale in funzione con 1 fermo impianto di 1 gg)						
Bolano	BL	26/2/16 16.00	30/3/16 14.50	33	41	179
Follo	FL	26/2/16 14.25	30/3/16 12.50	33	21	142
Arcola	AR	26/2/16 16.30	30/3/16 12.10	33	38	141
Le Grazie	LG	26/2/16 10.35	30/3/16 16.45	33	24	123
Chiappa	CH	26/2/16 11.30	30/3/16 16.30	33	35	169
Maggiolina	MG	26/2/16 09.55	30/3/16 17.35	33	40	144
Saint Bon	SB	26/2/16 11.16	30/3/16 16.05	33	54	166
Fossamastra-Alto	FS-A	26/2/16 8.55	30/3/16 10.30	33	76	135
Canaletto	MM	26/2/16 9.10	30/3/16 9.00	33	68	127
Melara	ME	26/2/16 16.50	30/3/16 11.45	33	33	127
Fossamastra-Basso	FS-B	26/2/16 08.55	30/3/16 10.30	33	200	136
Campagna P14 16/2 (Centrale in funzione con 1 fermo impianto di 6 g)						
Bolano	BL	30/3/16 13.50	27/4/16 12.30	28	48	46
Follo	FL	30/3/16 11.50	27/4/16 11.45	28	62	63
Arcola	AR	30/3/16 8.40	27/4/16 9.55	28	51	83
Le Grazie	LG	30/3/16 13.30	27/4/16 14.00	28	38	91
Chiappa	CH	30/3/16 14.30	27/4/16 11.00	28	50	76
Maggiolina	MG	30/3/16 16.35	27/4/16 16.10	28	58	87
Saint Bon	SB	30/3/16 16.05	27/4/16 10.40	28	70	83
Fossamastra-Alto	FS-A	30/3/16 09.30	27/4/16 09.00	28	83	76
Canaletto	MM	na	na	na	na	na
Melara	ME	30/3/16 10.45	27/4/16 14.50	28	52	74
Fossamastra-Basso	FS-B	30/3/16 10.30	27/4/16 9.00	28	161	77
Campagna P14 16/3 (Centrale sempre in funzione)						
Bolano	BL	28/6/16 09.20	28/7/16 11.20	30	70	30
Follo	FL	28/6/16 09.45	28/7/16 10.45	30	31	2
Arcola	AR	28/6/16 08.40	28/7/16 9.55	30	27	0
Le Grazie	LG	28/6/16 13.30	28/7/16 14.00	30	33	0
Chiappa	CH	28/6/16 11.16	28/7/16 16.00	30	28	1
Maggiolina	MG	28/6/16 14.10	28/7/16 8.45	30	35	0
Saint Bon	SB	28/6/16 16.40	28/7/16 13.40	30	46	0
Fossamastra-Alto	FS-A	28/6/16 07.50	28/7/16 7.45	30	60	0
Canaletto	MM	na	na	na	na	na
Melara	ME	28/6/16 8.30	28/7/16 8.16	30	28	0
Fossamastra-Basso	FS-B	28/6/16 07.50	28/7/16 7.45	30	143	0
Campagna P14 16/4 (Centrale in funzione con 2 fermi impianto di 23 g)						
Bolano	BL	28/7/16 11.20	01/9/16 09.30	35	28	37
Follo	FL	28/7/16 10.45	01/9/16 10.00	35	14	21
Arcola	AR	28/7/16 9.55	01/9/16 8.30	35	24	43
Le Grazie	LG	28/7/16 14.00	01/9/16 13.20	35	22	2
Chiappa	CH	28/7/16 16.00	01/9/16 13.40	35	44	68
Maggiolina	MG	28/7/16 8.45	01/9/16 14.40	35	31	71
Saint Bon	SB	28/7/16 13.00	01/9/16 12.40	35	48	48
Fossamastra-Alto	FS-A	28/7/16 7.45	01/9/16 7.47	35	49	43
Canaletto	MM	na	na	na	na	na
Melara	ME	28/7/16 8.16	01/9/16 8.16	35	57	112
Fossamastra-Basso	FS-B	28/7/16 7.45	01/9/16 7.47	35	122	45

Tabella 21 – Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili e entità precipitazioni.

La postazione di Canaletto, in cui era posizionato il mezzo mobile di ARPAL, è rimasta operativa solo nella prima campagna invernale **P14 16/1**. In seguito, il mezzo mobile è stato spostato nella postazione di Melara, divenuta postazione fissa per il monitoraggio delle deposizioni nel 2016.

Nella tabella sono state riportate entrambe le postazioni di Fossamastra indicate come Fossamastra - Alto (postazione uguale a quella degli anni precedenti, ovvero a circa 6 m da terra sul tetto di un edificio di servizio del nastro trasportatore ENEL) e Fossamastra-Basso, posizionata come definito nelle specifiche di installazione dei deposimetri a circa 2 m da terra, in prossimità della sede stradale.

Il confronto relativo ai risultati ottenuti dai due deposimetri di Fossamastra (Alto e Basso) è riportato al par. 5.3 con le modalità di attualizzazione dei dati pregressi al fine di raccordare i dati pluriennali.

I ratei di deposizione delle polveri insolubili misurati nelle campagne di monitoraggio invernale ed estiva, sono riportati nella figura seguente. E' stata inclusa anche la precipitazione cumulata, in mm, con asse secondario invertito:

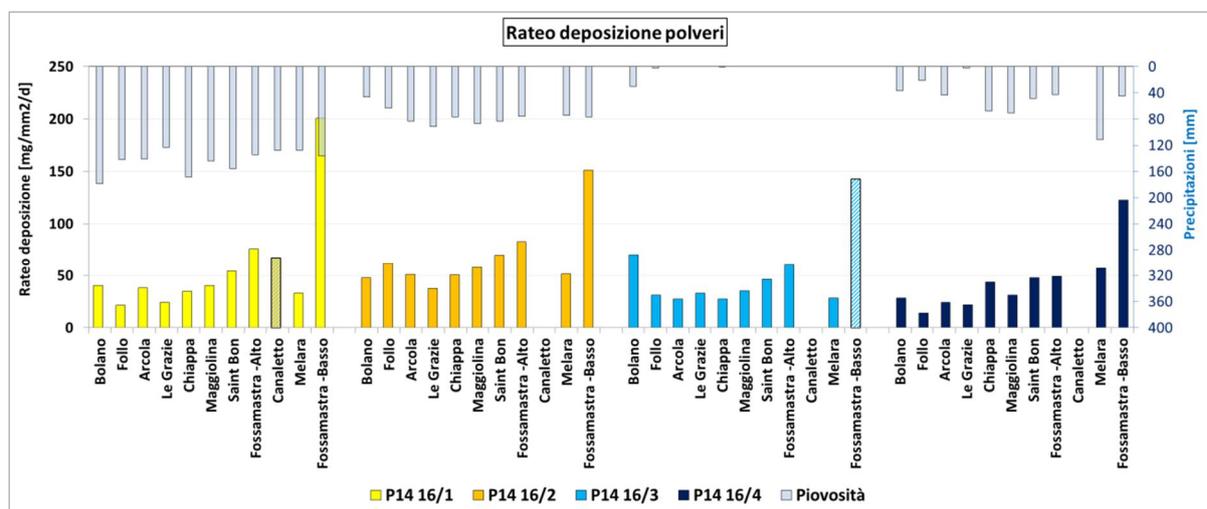


Figura 39 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili e precipitazione cumulata in mm.

La Figura 39 mostra che, in tutte le campagne e con maggior evidenza per quelle invernali, si sono avuti ratei di deposizione lievemente maggiori nelle postazioni urbane interessate da intenso traffico. Nelle postazioni extraurbane si sono rilevati ratei inferiori rispetto a quelle del tessuto urbano con entità abbastanza confrontabili temporalmente e spazialmente salvo alcune particolarità, ad esempio Bolano nella **P14 16/3**.

Nelle postazioni urbane si sono rilevati ratei superiori caratterizzati da una sostanziale costanza temporale ma non spaziale.

I ratei di deposizione nella postazione di Fossamastra-Basso sono risultati, in tutte le stagioni, i più elevati del 2016, con valori almeno doppi rispetto a quelli delle altre postazioni urbane compresa Fossamastra-Alto. Questi valori di ratei di deposizione delle polveri non trovano corrispondenza con i valori riscontrati di PM_{2,5}, PM₁₀ e PTS (rilevati dalla RQA per la postazione di Fossamastra) che sono, invece, comparabili con quelli rilevati nelle altre postazioni urbane della RQA ad indicare la presenza di polvere prevalentemente sedimentabile.

I ratei di deposizione delle polveri delle campagne in cui si sono verificati pochi giorni di arresto di funzionamento della centrale non appaiono particolarmente diversi rispetto a quelli della campagna **P14 16/3**, caratterizzata da assenza di arresti ma anche di precipitazioni, quindi difficilmente confrontabile con le altre, a causa della introduzione di una ulteriore variabile.

I valori di deposizione ottenuti nella campagna **P14 16/3**, essendo stata caratterizzata da assenza quasi totale di precipitazioni e di venti forti (v. cap. 3), sono attribuibili per la maggior parte alla sedimentazione di polveri.

Per la postazione di Fossamastra, inoltre, è possibile che vi sia stato un contributo alla polverosità dovuto all'incendio verificatosi nel marzo 2016 quando era in corso la campagna **P14 16/1** (vedi cap. 2).

La postazione di Canaletto, è stata utilizzata solo nella prima campagna del 2016 e presenta deposizioni paragonabili alle postazioni caratterizzate da pressioni antropiche in linea con quelle dell'anno precedente.

La postazione di Melara, aggiunta alle altre postazioni in quanto nell'area di massima ricaduta delle emissioni ENEL secondo i risultati delle simulazioni modellistiche, evidenzia deposizioni paragonabili alle aree meno soggette a pressione antropica.

5.1.1 Valutazione della entità della polverosità depositata nel 2016

I valori riscontrati nell'area in esame relativi alla entità delle deposizioni di polveri nelle quattro campagne del 2016 (intervallo compreso tra 21 e 200 mg/m²/d nella campagna **P14 16/1**, tra 48 e 161 mg/m²/d nella campagna **P14 16/2**, tra 28 e 143 mg/m²/d nella campagna **P14 16/3** e tra 14 e 122 mg/m²/d nella campagna **P14 16/4**), si collocano complessivamente, escludendo Fossamastra, ben al di sotto dei valori di riferimento adottati da alcune nazione europee, che sono riportati di seguito:

Stato	Rateo deposizione [mg/m ² /d]	Riferimento
Germania (media annua)	350	TA Luft, 2002
Austria (media annua)	210	Gesamte Rechtsvorschrift für Immissionsschutzgesetz-Luft, Fassung vom, 2013
Svizzera (media annua)	200	Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA 1986), media aritmetica annuale
Slovenia (media annua)	200	Decree on limit values, alert thresholds and critical imission values for substances into the atmosphere. (Ur. L. RS št.73/1994)
Norvegia	167	Espresso come 5 g/m ² /30 giorni. Norway, 2004. Forskrift om begrensning av forurensning, FOR 2004-06-01 nr 931. (Regulation on limitation of pollution).
Belgio-Fiandre (media mensile)	350	VLAREM II order of the Flemish Government of 1 June 1995 concerning General and Sectoral provisions relating to Environmental Safety, Appendix 2.5.2. Environmental quality standards for particulate fallout
Regno Unito e Scozia (media mensile)	200	Environment Agency, 2013
Irlanda	< 30 in aree rurali, 80-130 aree urbane e industriali	Irish Institute for Industrial Research and Standards, 1981

Tabella 22 - Valori di riferimento europei per la deposizione di polveri ¹².

In Italia non sono stati adottati valori normativi o di riferimento per le deposizioni di polveri. Per una valutazione dei valori di deposizione misurati alla Spezia, si può fare riferimento al rapporto finale del gruppo di lavoro della Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico del Ministero dell'Ambiente che riporta la seguente classificazione dell'indice di polverosità basata sul rateo di deposizione gravimetrico:

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

Tabella 23 - Classi di Polverosità in funzione del rateo di deposizione ¹².

¹² Si veda anche G. Settimo "Evoluzione storica e normativa delle deposizioni atmosferiche e stato dell'arte nazionale", Seminario Deposizioni atmosferiche, Brescia, 2014. Consultabile al sito:

http://ita.arpalombardia.it/ITA/area_download/index

I ratei misurati alla Spezia nel 2016, sebbene limitati a pochi mesi, sono comunque indicativi di una bassa polverosità, come già riscontrato nel 2015. A seconda del valore di riferimento europeo usato per il confronto (200 o 350 mg/m²/d), i ratei misurati nelle postazioni della Spezia risultano in media da 4 a 7 volte inferiori.

Come già sopra introdotto, ad eccezione della postazione di Fossamastra – Basso, non si sono superati i 100 mg/m²/d di polveri depositate e, secondo gli indici di polverosità (vedi Tabella 23), la polverosità è da considerarsi “praticamente assente”. Nell’unico caso, sopra citato, in cui i ratei hanno superato il valore di 100 mg/m²/d, ma non quello di 250 mg/m²/d, la polverosità è da considerarsi “bassa”.

5.2 Metalli nelle deposizioni di polveri

5.2.1 Ratei di deposizione dei metalli

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione dei metalli determinati in accordo con quanto previsto dalla prescrizione 14. I ratei di deposizione sono espressi tutti in µg/m²/d:

Postazione	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano	16/1	0.23	0.127	<0.009	<0.01	8.14	7.43	3.07	3.19	27.43	3.22
Bolano	16/2	0.16	0.022	0.008	<0.01	3.19	1.82	1.63	3.25	21.97	2.37
Bolano	16/3	0.14	0.021	0.113	<0.01	11.09	8.68	1.77	4.57	46.28	3.56
Bolano	16/4	0.09	0.012	<0.008	<0.01	2.82	1.16	1.53	3.34	17.53	1.59
Follo	16/1	0.17	0.008	0.017	<0.01	4.17	4.82	2.18	2.43	15.13	2.09
Follo	16/2	0.26	0.030	0.010	<0.01	5.69	3.02	3.40	11.95	31.73	3.78
Follo	16/3	0.16	0.013	0.028	0.01	9.81	3.51	1.16	3.39	32.22	2.92
Follo	16/4	0.06	0.008	<0.008	<0.01	3.73	1.44	0.68	1.61	10.95	1.23
Arcola	16/1	0.25	0.024	0.010	0.02	5.52	2.97	17.06	5.24	22.92	2.67
Arcola	16/2	0.23	0.026	0.007	0.07	4.27	2.35	43.28	6.26	23.11	2.90
Arcola	16/3	0.13	0.018	0.039	0.01	4.21	2.12	2.12	4.71	16.03	1.73
Arcola	16/4	0.18	0.015	0.056	0.04	6.57	2.45	17.89	5.04	13.52	1.63
Le Grazie	16/1	0.20	0.012	0.013	<0.01	3.07	1.59	2.76	4.88	12.13	2.00
Le Grazie	16/2	0.20	0.028	0.011	0.01	3.39	2.52	2.83	5.59	16.48	2.37
Le Grazie	16/3	0.20	0.012	0.035	0.01	5.99	2.27	2.87	4.33	21.64	1.89
Le Grazie	16/4	0.15	0.020	0.037	0.01	7.47	2.22	3.97	4.96	17.46	1.65
Chiappa	16/1	0.22	0.035	0.037	<0.01	3.72	10.84	3.01	3.52	18.11	2.57
Chiappa	16/2	0.25	0.022	0.011	0.01	3.30	2.52	2.76	6.65	26.32	2.94
Chiappa	16/3	0.15	0.015	0.044	0.01	5.50	3.30	1.37	4.60	19.40	2.05
Chiappa	16/4	0.06	0.187	<0.008	<0.01	3.88	0.46	1.51	4.01	14.75	1.41
Maggiolina	16/1	0.28	0.015	0.012	0.01	4.77	3.71	5.65	8.43	24.32	3.54
Maggiolina	16/2	0.35	0.024	0.010	<0.01	19.54	3.44	6.10	10.78	33.81	4.30
Maggiolina	16/3	0.16	0.022	0.036	0.01	13.86	3.46	1.84	7.08	20.68	3.36
Maggiolina	16/4	0.17	0.012	0.027	0.01	10.11	2.45	8.21	7.77	12.85	2.65
Saint Bon	16/1	0.35	0.023	0.007	0.01	12.67	8.03	7.00	22.83	43.21	4.41
Saint Bon	16/2	0.35	0.029	0.015	<0.01	12.43	4.79	5.86	32.98	42.65	4.29
Saint Bon	16/3	0.22	0.037	0.029	0.01	14.58	4.35	4.36	20.55	29.39	2.85
Saint Bon	16/4	0.24	0.025	0.076	0.01	17.61	5.22	8.40	25.89	36.64	2.82
Foss-Alto	16/1	0.55	0.039	0.017	0.02	13.97	9.49	8.59	22.10	67.58	6.15
Foss-Alto	16/2	0.49	0.035	0.011	<0.01	10.76	7.55	6.10	33.76	59.05	5.57
Foss-Alto	16/3	0.30	0.029	0.038	0.02	14.49	5.93	5.07	27.31	39.65	3.60
Foss-Alto	16/4	0.31	0.021	0.080	0.01	18.25	5.77	4.40	20.07	31.61	3.79
Foss-Basso	16/1	1.15	0.065	0.027	0.04	25.77	22.20	12.81	50.74	163.04	10.07
Foss-Basso	16/2	0.82	0.096	0.029	0.03	18.36	13.54	13.28	56.01	105.59	7.91
Foss-Basso	16/3	0.56	0.078	0.059	0.02	31.75	13.04	8.52	47.49	87.96	6.25
Foss-Basso	16/4	0.56	0.053	0.159	0.02	45.00	14.33	7.71	42.06	89.56	6.51
Canaletto	16/1	0.49	0.035	0.017	0.02	13.05	9.48	4.78	21.86	62.65	6.31
Melara	16/1	0.35	0.061	0.010	0.01	4.24	3.63	6.70	10.10	33.21	2.97
Melara	16/2	0.30	0.059	0.016	0.01	15.28	3.37	5.48	16.72	27.23	2.98
Melara	16/3	0.23	0.020	0.036	0.01	14.29	2.30	2.35	10.68	18.50	1.98
Melara	16/4	0.32	0.037	<0.008	0.04	22.53	3.53	24.81	23.65	28.21	4.02

Tabella 24 - Ratei di deposizione in µg/m²/d di metalli nelle campagne di monitoraggio 2016.

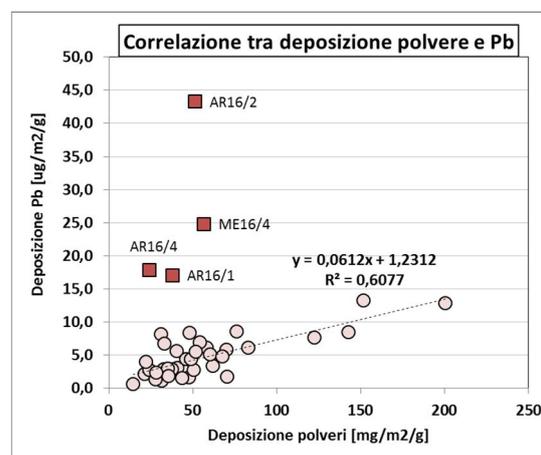
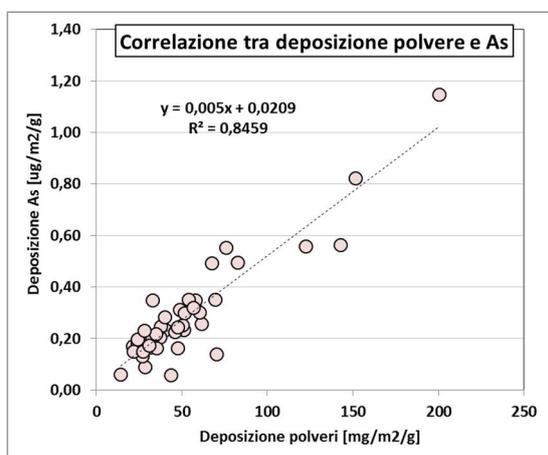
La tabella precedente evidenzia quanto segue:

- le deposizioni dei metalli sono risultate largamente variabili nel corso delle campagne del 2016, anche in quelle condotte nello stesso periodo stagionale, così come riscontrato nelle precedenti annualità di monitoraggio. Si può notare anche una maggiore deposizione di Cu, Mn, Ni e V nelle postazioni urbane soprattutto nelle campagne invernali-primaverili;
- nella postazione di Arcola, si conferma come negli anni precedenti il ripetersi dei picchi di deposizione di Pb, da attribuire presumibilmente a una sorgente locale non identificata. Uno studio più dettagliato su questo fenomeno è riportato in Allegato 2;
- parallelamente all'entità delle polveri depositate, a Fossamastra sono state riscontrate anche le più alte deposizioni dei metalli;
- l'incendio di un edificio civile avvenuto nella zona di Fossamastra durante la campagna **P14 16/1** non ha influito in maniera significativa sulle deposizioni di metalli del deposimetro collocato in alto, né per quelle del deposimetro posto più in basso. Viceversa, come riportato nel par. 5.4, vi sono state influenze sulle deposizioni di IPA e PCDD/F.

Come si vedrà nei paragrafi seguenti, a fronte della elevata variabilità delle deposizioni di metalli in termini quantitativi si riscontra invece una buona regolarità in termini qualitativi, poiché al variare delle polveri depositate varia in misura minore la concentrazione dei metalli.

5.2.1.1 Correlazione tra ratei di deposizioni di polveri e di metalli

Per alcuni metalli è emersa una significativa correlazione tra il rateo delle deposizioni di polveri sedimentabili nelle postazioni e quello di alcuni metalli: As, Pb (escluso Arcola), Cu, Mn, Ni, V. Le figure che seguono illustrano tali correlazioni, evidenziando con quadrati in rosso i campionamenti non correlati con gli altri:



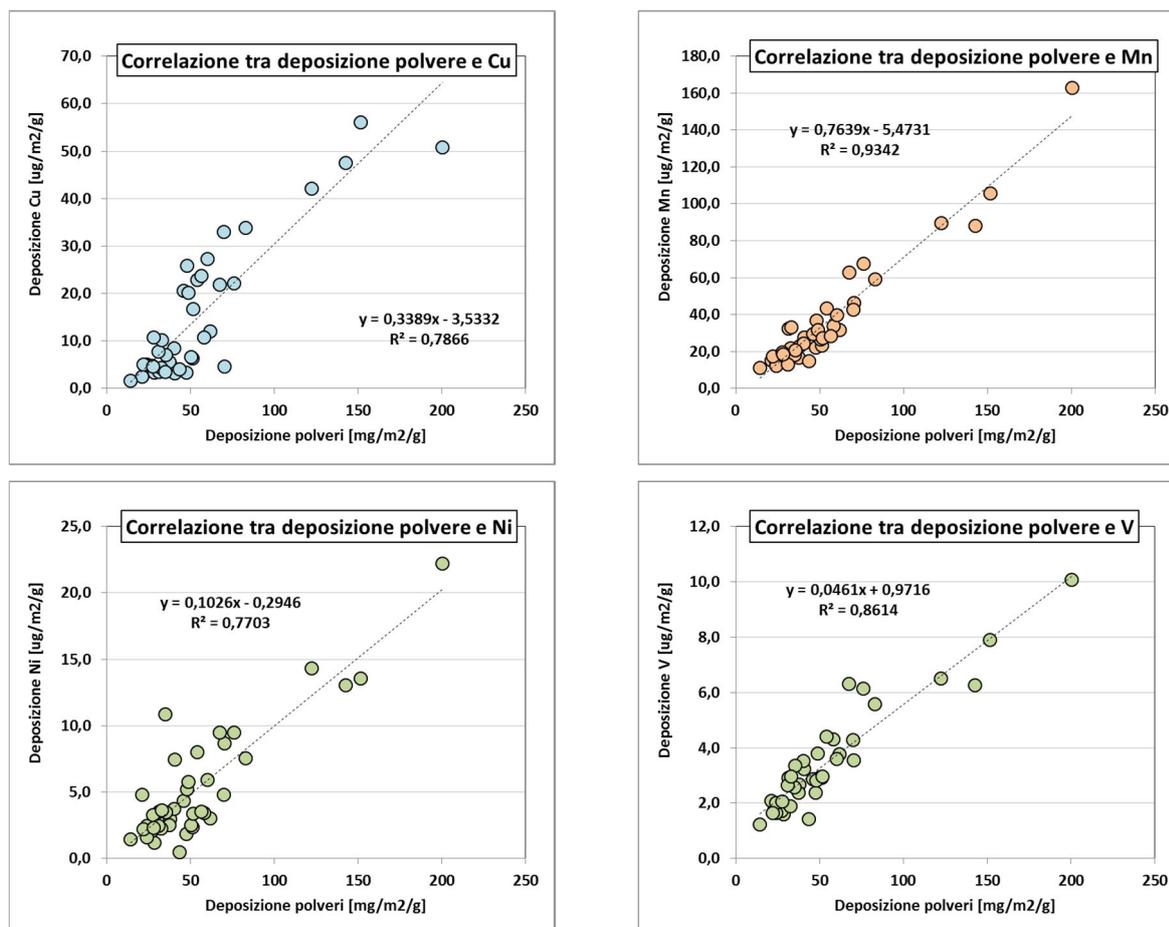


Figura 40 – Correlazioni tra deposizioni di polveri e alcuni metalli.

La buona correlazione tra alcuni metalli (As, Pb ad esclusione di Arcola, Cu, Mn, Ni e V) e le polveri depositate implica una composizione caratteristica di queste ultime, poco variabile nel corso delle campagne e quindi riferibile ad una omogeneità di sorgenti, tra cui potrebbe essere significativa quella di tipo crostale.

Ad Arcola la deposizione di Pb per le campagne **P14 16/1**, **16/2** e **16/4** non è correlata con quella delle polveri a significare un apporto antropico locale che non sembra essere presente nella campagna **P14 16/3**, l'unica campagna fra l'altro in cui non vi sono state precipitazioni. La deposizione di Pb nella campagna **P14 16/3** rientra bene invece nella correlazione tra deposizione di polveri e di piombo esistente nelle altre postazioni (vedi Allegato 2).

Per il Cr, come per il 2015, non sono state individuate correlazioni significative con le polveri.

5.2.1.2 Confronto delle deposizioni di metalli del 2016 con valori di riferimento

Premesso che, in linea generale, le deposizioni di metalli sono state relativamente modeste, le deposizioni di As, Cd, e Ni alla Spezia si possono confrontare con gli intervalli riscontrabili in differenti aree (rurali, urbane e industriali) di nazioni europee,

riportati nella tabella che segue, tratta dal documento “European Commission, 2001, Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds, Position paper”:

Metallo	Aree rurali	Aree urbane	Aree industriali
As [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.082 – 0.43	0.22 – 3.4	2 – 4.3
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.011 – 0.14	0.16 – 0.90	0.12 – 4.6
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0.03 – 4.3	5 - 11	2.3 – 22

Tabella 25 - Ratei di deposizioni di As, Cd e Ni in aree europee omogenee per tipologia.

Per questo scopo, le figure seguenti riportano i ratei di deposizione di As, Cd, e Ni rilevati nelle quattro campagne¹³. Nelle figure, la banda in verde chiaro indica l'intervallo di deposizione delle aree rurali mentre quella in azzurro chiaro, l'intervallo di deposizione per le aree urbane:

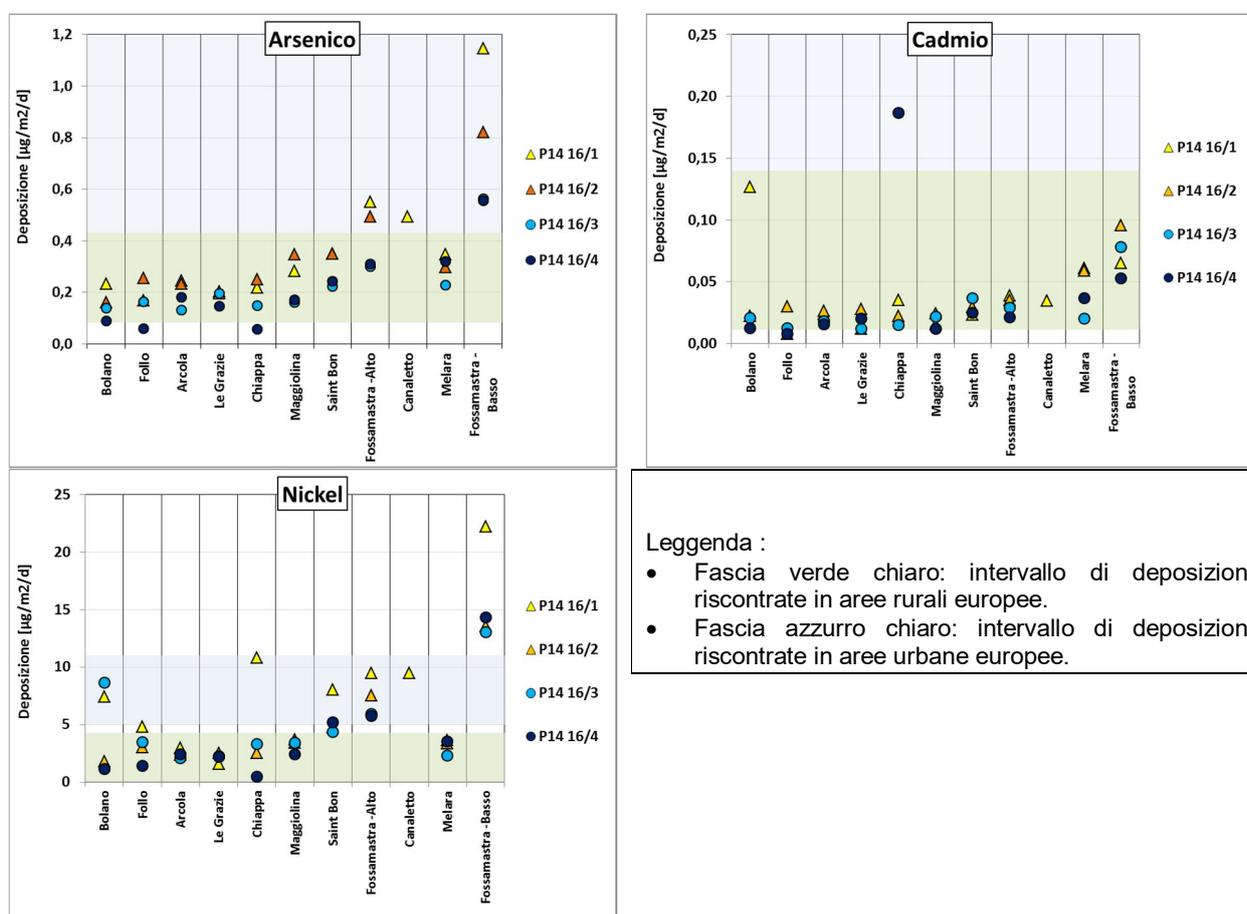


Figura 41 – Ratei di deposizione di As, Cd e Ni alla Spezia, confrontati con gli intervalli riscontrabili in aree rurali ed urbane europee.

I ratei di deposizione riscontrati alla Spezia nella maggior parte dei casi sono inferiori o ricadono entro l'intervallo riscontrabile in aree rurali e, in pochi casi, in quello in aree

¹³ Come sopra riportato, i valori di deposizioni inferiori al limite di rilevabilità (LdR) sono stati sostituiti da metà del LdR

urbane, di poco inferiore al limite superiore dell'intervallo che si riferisce alle aree urbane (vedi Tabella 25). Il Ni a Fossamastra-Basso presenta in tutte le campagne valori di deposizione maggiori del limite superiore dell'intervallo che si riferisce alle aree urbane, ma soprattutto nella campagna **P14 16/1**, probabilmente influenzata oltre che dagli impatti portuali e dal traffico, anche dall'incendio avvenuto nel corso di tale campagna (vedi 2.2.1).

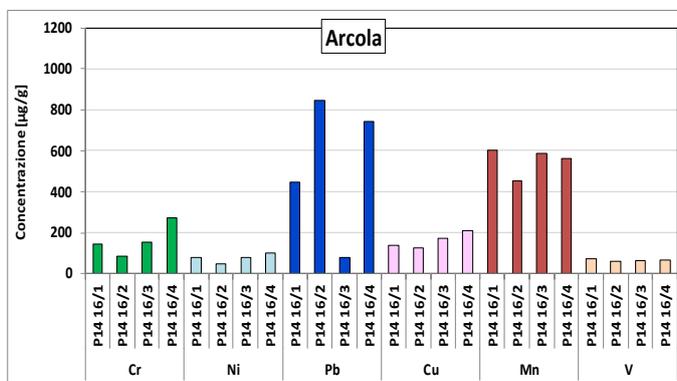
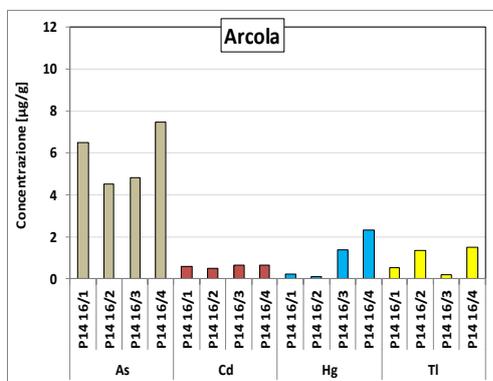
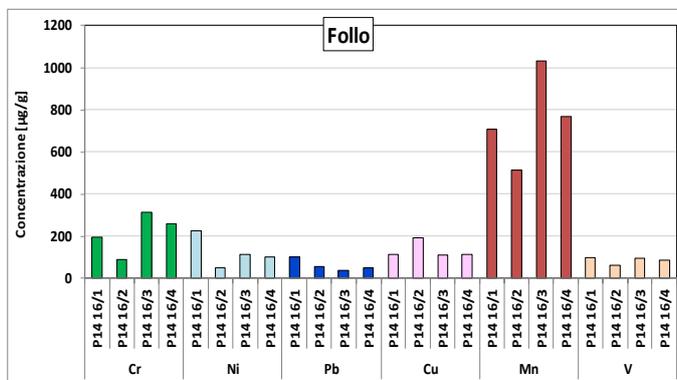
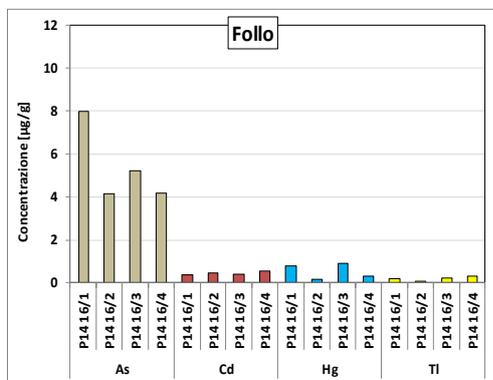
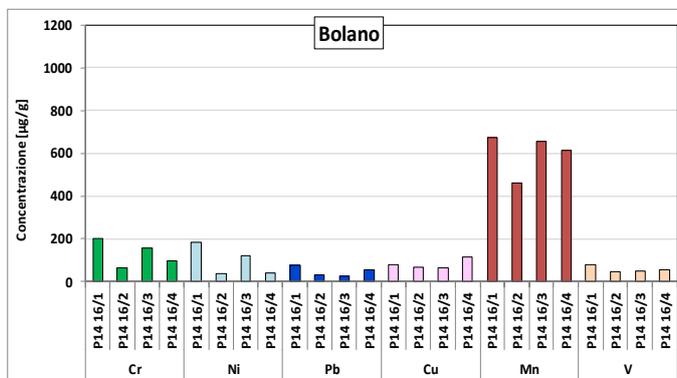
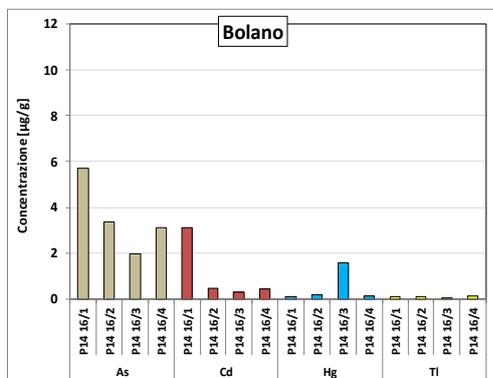
5.2.2 Concentrazioni di metalli nelle polveri depositate

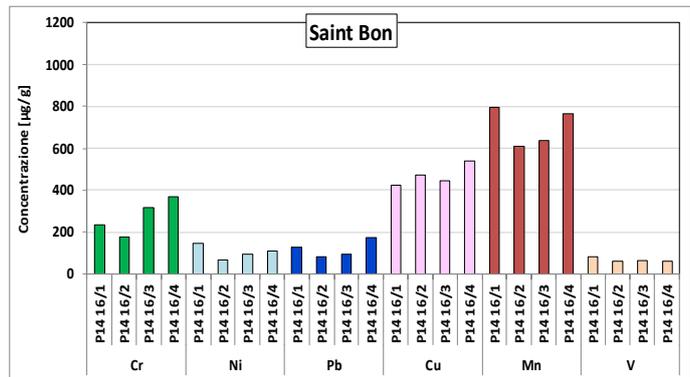
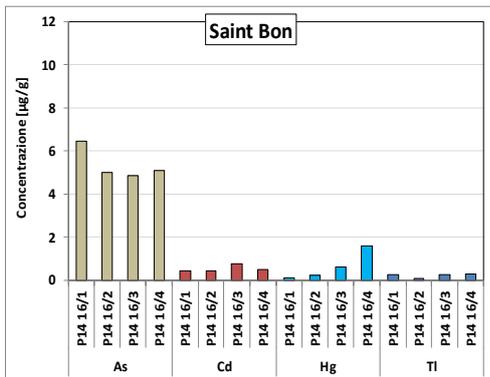
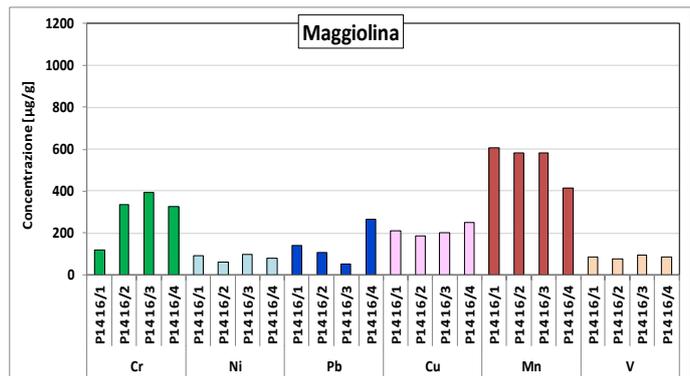
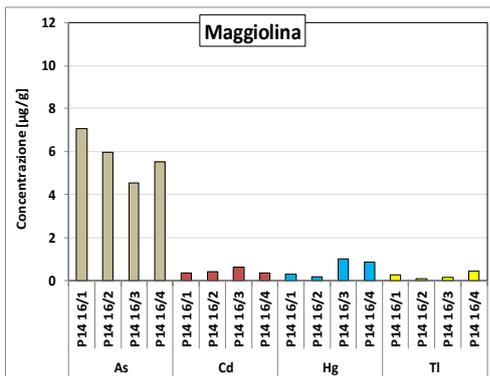
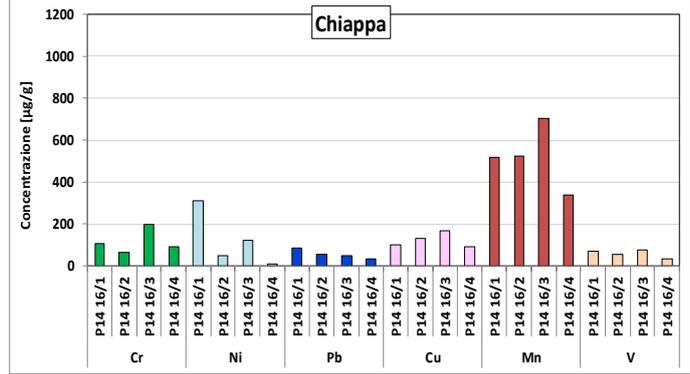
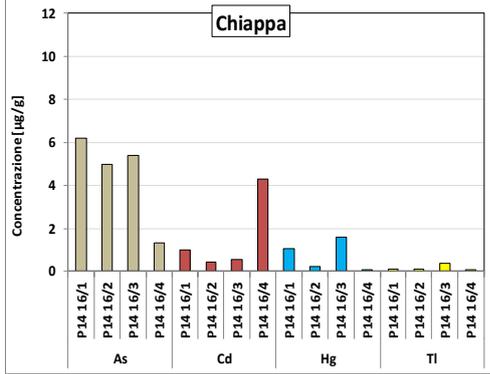
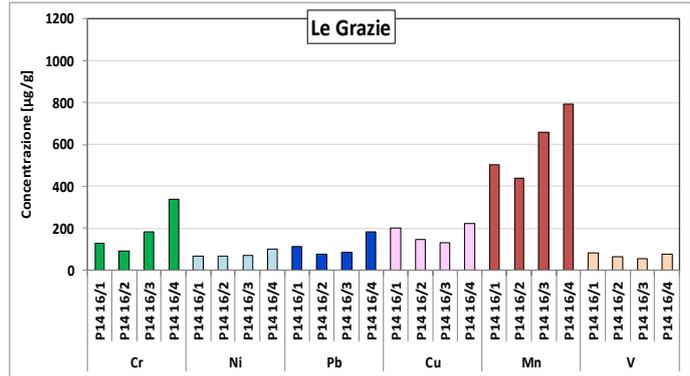
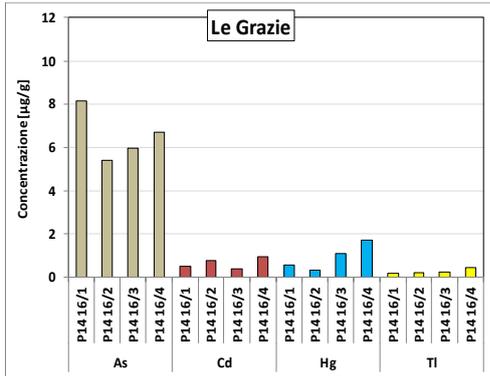
Nella tabella seguente sono riassunte le **concentrazioni** dei metalli espressi in **µg/g** nelle polveri depositate; i valori analitici inferiori al limite di rilevabilità strumentale, sono stati sostituiti con metà del limite di rivelabilità. I valori di concentrazioni nelle polveri sono stati ottenuti dividendo la quantità totale di ciascun metallo per il peso delle polveri depositate. I valori seguiti da un asterisco indicano le concentrazioni calcolate a partire da ratei dei metalli inferiori al limite di quantificazione.

Postazione	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano	16/1	5,7	3,12	0,11*	0,11*	201	183	76	79	676	79
Bolano	16/2	3,4	0,46	0,17	0,11*	67	38	34	68	461	50
Bolano	16/3	2,0	0,30	1,61	0,07*	157	123	25	65	657	50
Bolano	16/4	3,1	0,43	0,14*	0,14*	99	41	54	117	615	56
Follo	16/1	8,0	0,37	0,78	0,21*	196	226	102	114	709	98
Follo	16/2	4,1	0,48	0,17	0,08*	92	49	55	193	513	61
Follo	16/3	5,2	0,40	0,88	0,24	314	112	37	108	1031	94
Follo	16/4	4,2	0,56	0,29*	0,29*	262	101	48	113	768	86
Arcola	16/1	6,5	0,62	0,25	0,54	145	78	450	138	604	70
Arcola	16/2	4,6	0,51	0,14	1,39	83	46	845	122	451	57
Arcola	16/3	4,8	0,66	1,42	0,21	154	78	78	173	588	63
Arcola	16/4	7,5	0,64	2,33	1,51	272	102	742	209	561	68
Le Grazie	16/1	8,1	0,49	0,54	0,18*	127	66	114	202	501	83
Le Grazie	16/2	5,4	0,74	0,31	0,20	90	67	75	149	439	63
Le Grazie	16/3	6,0	0,37	1,06	0,23	183	69	88	132	661	58
Le Grazie	16/4	6,7	0,92	1,68	0,45	340	101	181	226	794	75
Chiappa	16/1	6,2	1,00	1,07	0,12*	106	310	86	101	517	73
Chiappa	16/2	5,0	0,44	0,23	0,11	65	50	55	132	522	58
Chiappa	16/3	5,4	0,55	1,59	0,35	199	119	50	167	702	74
Chiappa	16/4	1,3	4,28	0,09*	0,09*	89	10	35	92	338	32
Maggiolina	16/1	7,0	0,38	0,30	0,28	119	92	141	210	604	88
Maggiolina	16/2	6,0	0,41	0,18	0,09*	336	59	105	186	582	74
Maggiolina	16/3	4,5	0,62	1,01	0,17	392	98	52	200	585	95
Maggiolina	16/4	5,5	0,38	0,87	0,44	327	79	265	251	416	86
Saint Bon	16/1	6,5	0,43	0,13	0,27	234	148	129	422	798	82
Saint Bon	16/2	5,0	0,42	0,21	0,07*	178	69	84	472	611	61
Saint Bon	16/3	4,8	0,80	0,62	0,25	316	94	94	445	637	62
Saint Bon	16/4	5,1	0,51	1,59	0,29	368	109	175	540	765	59
Fossamastra -Alto	16/1	7,2	0,51	0,23	0,27	184	125	113	291	889	81
Fossamastra -Alto	16/2	6,0	0,42	0,14	0,06*	130	91	74	408	713	67
Fossamastra -Alto	16/3	5,0	0,48	0,63	0,25	240	98	84	452	657	60
Fossamastra -Alto	16/4	6,4	0,43	1,63	0,29	372	118	90	409	645	77
Canaletto	16/1	7,3	0,51	0,25	0,26	193	140	71	323	927	93
Melara	16/1	10,5	1,85	0,29	0,28	129	110	204	307	1008	90
Melara	16/2	5,8	1,14	0,32	0,16	296	65	106	324	528	58
Melara	16/3	8,2	0,71	1,29	0,26	508	82	83	379	657	71
Melara	16/4	5,6	0,65	0,07*	0,64	397	62	437	416	497	71
Fossamastra -Basso	16/1	5,7	0,33	0,14	0,18	129	111	64	253	813	50
Fossamastra -Basso	16/2	5,4	0,63	0,19	0,19	121	89	88	370	697	52
Fossamastra -Basso	16/3	3,9	0,55	0,42	0,14	223	91	60	333	617	44
Fossamastra -Basso	16/4	4,5	0,43	1,30	0,15	368	117	63	344	731	53

Tabella 26 - Concentrazioni di metalli nelle polveri depositate espressi in µg/g nelle campagne del 2016.

Le figure che seguono riportano per ciascuna postazione l'andamento delle **concentrazioni** di metalli, in $\mu\text{g/g}$, nelle polveri depositate separati tra metalli in tracce e maggioritari:





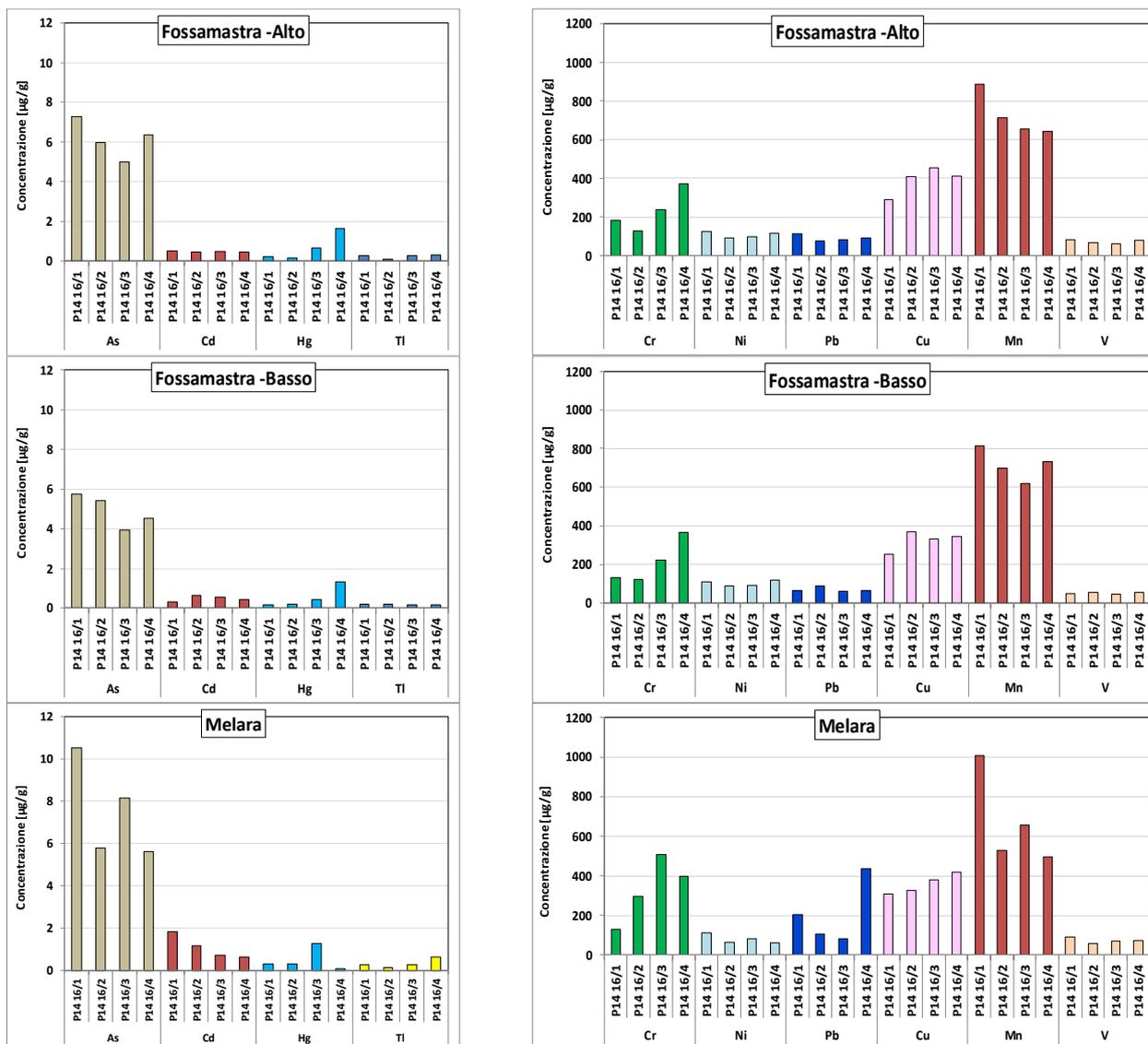


Figura 42 - Concentrazioni dei metalli depositati nelle polveri durante il 2016.

Dai grafici precedenti, si evidenzia che:

- dal punto di vista qualitativo i profili in concentrazione dei metalli sono paragonabili tra le varie campagne e per le diverse postazioni. Ciò suggerisce che l'elevata variabilità dei ratei di deposizione visti in precedenza è dovuta alla differente massa di polveri depositate nelle singole campagne ma non è legata ad una significativa variabilità del tipo di sorgenti;
- solo relativamente al Pb ad Arcola si evidenzia un'elevata variabilità sia nelle deposizioni che nelle concentrazioni, corroborando l'ipotesi già formulata per le precedenti campagne di monitoraggio di una sorgente strettamente locale, estremamente variabile (v. Allegato 2);
- rispetto ai ratei di deposizione, le concentrazioni di metalli presso le due postazioni di Fossamastra appaiono molto più simili tra loro, a sottolineare che, nonostante a Fossamastra – Basso si misurino circa il doppio di ratei di deposizioni, le polveri sono qualitativamente molto simili in termini di concentrazione di metalli.

5.2.2.1 Valutazione della variabilità della composizione in metalli delle polveri

Per avere un ulteriore elemento di valutazione, sono state esaminate le correlazioni tra le **concentrazioni** dei metalli, **espresse in µg/g**, nelle deposizioni di ogni campagna per ciascuna postazione (ad esclusione di Canaletto, per la quale si hanno i dati della sola campagna **P14 16/1**). Si sono privilegiate le correlazioni di tipo lineare ed un esempio è riportato di seguito, relativo alle correlazioni tra le concentrazioni di metalli nelle polveri depositate a **Saint Bon** nelle campagne **P14 16/1** e **16/2**:

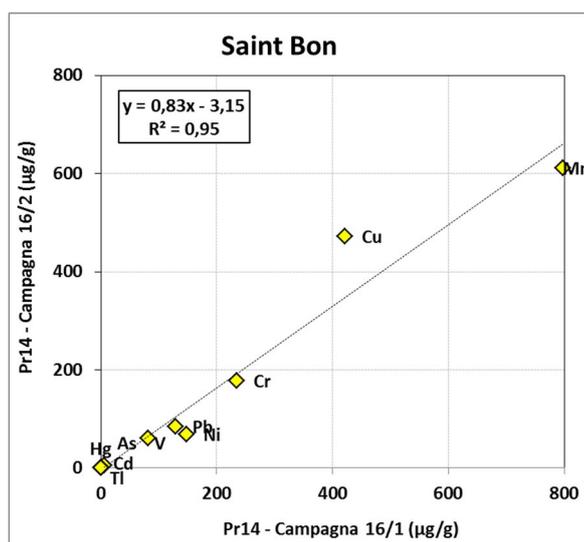


Figura 43 - Esempio di correlazione tra le concentrazioni di metalli nelle due campagne invernali.

I grafici di correlazione completi sono riportati nella Appendice 3. I risultati delle correlazioni sono, invece, riportati nella tabella che segue ove sono riassunti i valori di R^2 , della pendenza della regressione lineare e i metalli che si discostano dalla correlazione lineare:

Postazione	Campagne confrontate	Valore di R^2	Pendenza della regressione lineare	Metalli esclusi
Bolano	16/1 – 16/2	1,00	0,68	Cr, Ni
	16/1 – 16/3	0,96	1,00	
	16/1 – 16/4	0,99	0,91	Cr, Ni
	16/2 – 16/3	0,98	1,42	Cr
	16/2 – 16/4	1,00	1,34	
	16/3 – 16/4	0,97	0,92	Cr
Follo	16/1 – 16/2	0,92	0,69	
	16/1 – 16/3	0,95	1,44	
	16/1 – 16/4	0,99	1,10	Ni
	16/2 – 16/3	0,97	2,00	Cu
	16/2 – 16/4	0,95	1,44	Cr, Ni
	16/3 – 16/4	1,00	0,74	Cr
Chiappa	16/1 – 16/2	0,98	1,01	Ni
	16/1 – 16/3	0,98	1,37	Ni
	16/1 – 16/4	0,98	0,66	Ni
	16/2 – 16/3	0,97	1,33	
	16/2 – 16/4	0,97	0,65	
	16/3 – 16/4	0,97	0,48	Cr
Le Grazie	16/1 – 16/2	0,98	0,73	Mn
	16/1 – 16/3	0,90	0,59	Cr, Mn
	16/1 – 16/4	0,93	0,81	Cr
	16/2 – 16/3	0,97	1,48	
	16/2 – 16/4	0,90	1,76	Ni

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
 BS OHSAS 18001
 Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
 Certificato



Postazione	Campagne confrontate	Valore di R ²	Pendenza della regressione lineare	Metalli esclusi
Arcola	16/3 – 16/4	0,97	1,22	
	16/1 – 16/2	1,00	0,75	Cr, Pb
	16/1 – 16/3	0,99	0,98	Pb
	16/1 – 16/4	0,93	0,94	Pb
	16/2 – 16/3	0,99	1,30	Pb
	16/2 – 16/4	0,96	0,92	Cr
	16/3 – 16/4	0,95	0,97	Pb
Fossamastra – Alto	16/1 – 16/2	0,94	0,84	
	16/1 – 16/3	0,97	0,74	Cu
	16/1 – 16/4	1,00	0,72	Cr, Cu
	16/2 – 16/3	0,97	0,92	Cu
	16/2 – 16/4	0,99	0,91	Cr
Maggiolina	16/3 – 16/4	0,96	1,06	
	16/1 – 16/2	0,92	0,62	Cr
	16/1 – 16/3	0,96	0,96	Cr
	16/1 – 16/4	1,00	0,68	Cr, Cu, Pb
	16/2 – 16/3	0,95	1,05	
	16/2 – 16/4	0,99	0,70	Cr, Cu, Pb
	16/3 – 16/4	0,99	0,72	Cr, Pb
Saint Bon	16/1 – 16/2	0,95	0,83	
	16/1 – 16/3	0,95	0,86	
	16/1 – 16/4	0,97	1,02	Cr
	16/2 – 16/3	0,96	1,01	
	16/2 – 16/4	0,99	1,20	Cr, Ni
Melara	16/3 – 16/4	0,99	1,20	Cr
	16/1 – 16/2	0,95	0,83	
	16/1 – 16/3	0,95	0,86	
	16/1 – 16/4	0,97	1,02	Cr
	16/2 – 16/3	0,96	1,01	
	16/2 – 16/4	0,99	1,20	Cr, Ni
Fossamastra – Basso	16/3 – 16/4	0,99	1,20	Cr
	16/1 – 16/2	0,95	0,83	
	16/1 – 16/3	0,95	0,86	
	16/1 – 16/4	0,97	1,02	Cr
	16/2 – 16/3	0,96	1,01	
	16/2 – 16/4	0,99	1,20	Cr, Ni
	16/3 – 16/4	0,99	1,20	Cr

Tabella 27 - Correlazioni tra le concentrazioni di metalli nelle deposizioni delle campagne 2016.

In relazione alla tabella precedente, si può osservare che:

- le correlazioni indicano in generale un ottimo accordo tra le concentrazioni di metalli nelle polveri depositate nelle quattro campagne in ciascuna postazione ($R^2 > 0,95$), salvo per alcuni metalli discussi in seguito, ad indicare una sostanziale uniformità qualitativa delle polveri relativamente al loro contenuto di metalli;
- molto frequentemente rimangono esclusi dalle correlazioni Cr e Ni, soprattutto il primo, e saltuariamente Cu, Mn e Pb. Per tali metalli, è probabile che vi siano sorgenti estemporanee associate a particolari attività antropiche locali;
- come già introdotto in precedenza, le deposizioni di Pb ad Arcola costituiscono un caso a sé in quanto le correlazioni indicano che tale metallo non proviene da una sorgente con emissioni costanti ma molto variabili;
- relativamente alle correlazioni tra campagne piovose (**P14 16/1, 16/2 e 16/4**) e campagna in assenza di pioggia (**P14 16/3**), non si notano sostanziali differenze. Ciò indicherebbe che le precipitazioni influiscono scarsamente sul profilo qualitativo dei metalli nelle polveri depositate.

5.3 Attualizzazione dati di polveri e metalli pregressi rilevati a Fossamastra

Nelle campagne 2014-2015 il deposimetro di Fossamastra era posizionato a circa 6 metri di altezza sul tetto del fabbricato in cemento in corrispondenza del sistema di bypass della linea di movimentazione del carbone. Nelle campagne del 2016 si è deciso di posizionare un ulteriore deposimetro a circa 2 m di altezza per uniformità con i deposimetri delle altre postazioni. Le due postazioni sono stati denominate Fossamastra-Alto e Fossamastra-Basso.

Nel presente paragrafo è riportata la stima delle deposizioni che sarebbero avvenute nel 2014 e 2015 nel deposimetro collocato a 2 m da terra (Fossamastra-Basso), sulla base delle misure in parallelo del 2016. Pur con le limitazioni del caso, tale assunto è utile per avere una valutazione omogenea delle deposizioni di polveri e specie chimiche a Fossamastra in relazione alla altezza degli altri deposimetri.

5.3.1 Deposizione di polveri

In questo paragrafo si analizza il confronto tra i tassi di deposizione e il contenuto delle polveri monitorate a Fossamastra a due diverse altezze.

In riferimento al rateo di deposizione delle polveri tra i due deposimetri, la figura seguente evidenzia che, in tutti i periodi considerati e in maniera più accentuata per le campagne **P14 16/1** e **P14 16/3**, si ha un rateo di deposizione maggiore nel deposimetro Fossamastra-Basso, posizionato come definito nelle specifiche di installazione dei deposimetri, a circa 2 m da terra rispetto a Fossamastra-Alto, posizionato a circa 6 m di altezza.

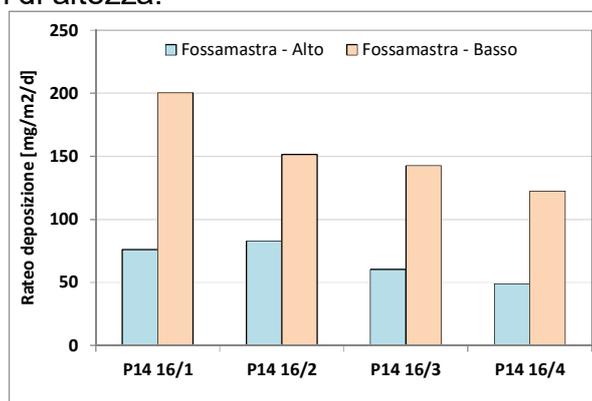


Figura 44 – Confronto dei ratei di deposizione delle polveri insolubili a Fossamastra.

In Tabella 28 sono riportati le differenze in % dei ratei di deposizione delle polveri tra le due posizioni nelle campagne del 2016.

	Rateo polveri mg/m²/d		Rateo polveri mg/m²/d	Rapporto relativo (%)
FS-Alto 16/1	76	FS-Basso 16/1	200	38%
FS-Alto 16/2	83	FS-Basso 16/2	151	55%
FS-Alto 16/3	60	FS-Basso 16/3	143	42%
FS-Alto 16/4	49	FS-Basso 16/4	122	40%

Tabella 28 – Valori e differenze di ratei di deposizioni di polveri tra le due posizioni a Fossamastra.

Da quanto sopra, la differenza tra ratei di deposizione delle polveri tra le due posizioni corrisponde, in media, al 44% e pertanto la polverosità rilevata nella postazione a 2 metri da terra si può assumere che sia circa il doppio di quella a 6 metri. Sulla base di

questo confronto, pur con le dovute cautele legate al limitato numero di dati disponibili, è possibile stimare i ratei di deposizione delle polveri che si sarebbero rilevati a Fossamastra – Basso negli anni precedenti, applicando ai ratei di deposizione rilevati a Fossamastra – Alto un fattore pari a 2.

I dati delle campagne precedenti ricalcolati sono riportati nel cap. 7.

5.3.2 Rateo di deposizione dei metalli

Il confronto del rateo di deposizione dei metalli tra i due deposimetri rispecchia lo stesso andamento rilevato per il rateo di deposizione delle polveri (Figura 45).

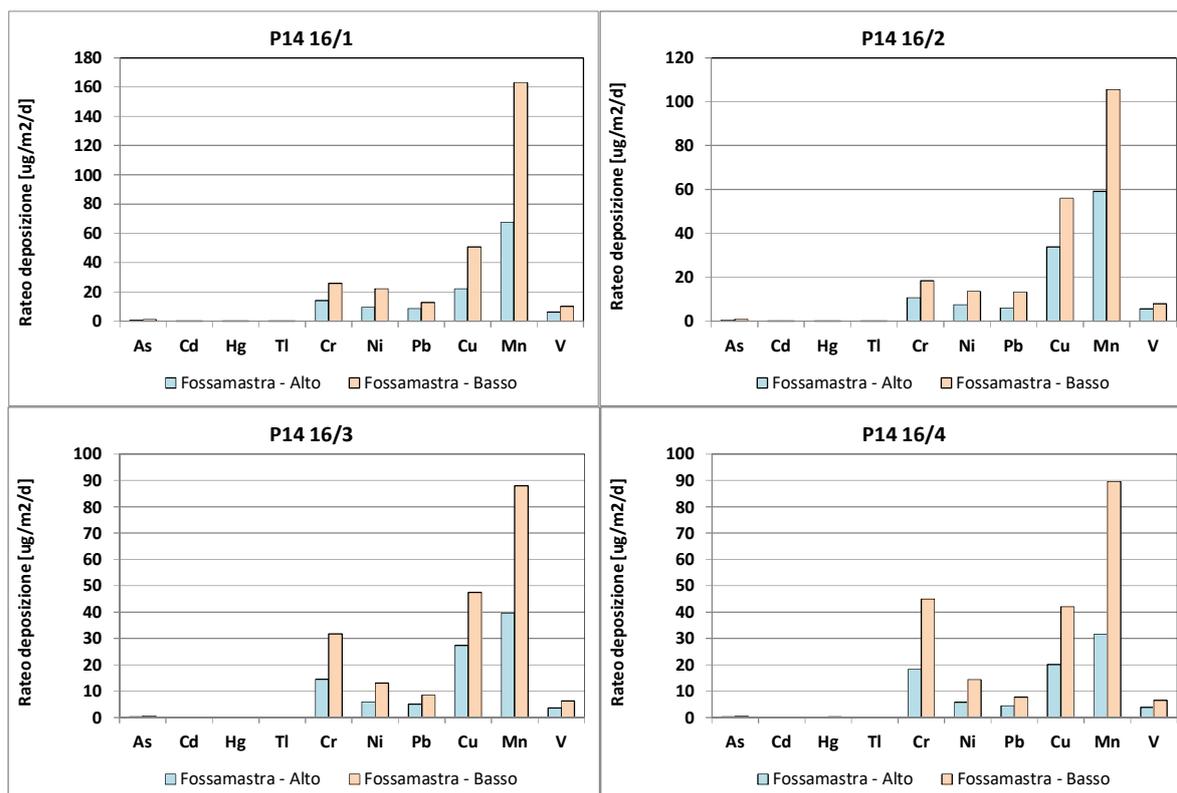


Figura 45 – Confronto dei ratei di deposizione dei metalli a Fossamastra.

In Tabella 29 sono riportati le differenze in % dei ratei di deposizione dei metalli tra le due posizioni nelle campagne del 2016. I metalli Cd, Hg e Tl sono stati esclusi da tale elaborazione statistica in quanto spesso i dati rilevati risultavano inferiori al limite di quantificazione.

	media	dev.st.
As	54%	5%
Cr	50%	8%
Ni	46%	7%
Pb	57%	9%
Cu	52%	8%
Mn	44%	9%
V	62%	6%

Tabella 29 – Differenze di ratei di deposizioni di metalli tra le due posizioni a Fossamastra.

Confrontando il rateo di deposizione di tutti i metalli presenti in tabella tra i deposimetri di Fossamastra – Alto e Basso, si ottiene una differenza media del 52% con una deviazione standard pari a 6%.

Analogamente a quanto fatto per le polveri, sulla base di questo confronto è possibile effettuare delle stime dei ratei di deposizione dei metalli che si sarebbero rilevati a Fossamastra – Basso negli anni precedenti, utilizzando i ratei di deposizione rilevati a Fossamastra – Alto e applicandovi un fattore correttivo, cautelativamente, pari a 2.

In tal modo si è effettuata una stima, pur con tutte le limitazioni del caso, delle deposizioni a 2 metri di altezza per gli anni precedenti al 2016.

La stima è stata possibile in quanto la situazione al contorno nel triennio considerato non è sostanzialmente mutata. Pertanto il proseguo del monitoraggio prevederà il posizionamento dei deposimetri di Fossamastra a 2 metri di altezza, per uniformità con gli altri.

5.4 Composti organici nelle deposizioni di polveri

Come introdotto nel cap. 2, le deposizioni dedicate alla determinazione dei composti organici sono state raccolte utilizzando campionatori con le parti interne interamente in vetro. I campioni di deposizione sono stati poi caratterizzati da ARPAL relativamente al loro contenuto di IPA, PCDD/F e PCB (vedi cap. 2 per ulteriori dettagli).

I campionamenti sono stati eseguiti con la stessa cadenza temporale di quelli condotti per i deposimetri dedicati alla determinazione delle deposizioni di metalli (v. Tabella 19 per i periodi di campionamento).

I risultati delle determinazioni analitiche sono riportati nei paragrafi che seguono. Inoltre, per valutare analogie e differenze qualitative tra le deposizioni di IPA nelle differenti postazioni, si è fatto ricorso alla tecnica del *fingerprinting*, confrontando i profili normalizzati di IPA di ciascun campione. Tale tecnica è molto utilizzata per valutare l'origine delle contaminazioni in ambiente di idrocarburi petroliferi (Wang Z.; Scott S., 2010), ma può essere applicata anche ad altre famiglie di composti, tra cui appunto gli IPA e le diossine (Plumb R. H., 2004). I profili normalizzati per la valutazione del *fingerprint* di ciascun campione di deposizione sono stati ottenuti nella seguente maniera:

- i ratei giornalieri di deposizione inferiori al limite di rilevabilità sono stati sostituiti dal loro valore numerico. Per tutte le classi di composti si è scelto la metà del valore del limite di quantificazione (medium-bound);
- per ogni campione si è calcolata la somma dei ratei di deposizione di ciascun composto ("massa del *fingerprint*");

- per ciascun campione, il rateo di ogni composto è stato diviso per la “massa del fingerprint”, ottenendo una frazione decimale, variabile tra 0 e 1, che rappresenta l’abbondanza relativa di un composto nel fingerprint;
- per ciascun campione, sono stati confrontati graficamente i fingerprint normalizzati. Per quanto riguarda invece PCDD/F e PCB dl, il profilo dei ratei di deposizione dei congeneri analizzati è stato confrontato con profili di letteratura.

5.4.1 Ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Tra gli idrocarburi policiclici aromatici sono stati analizzati oltre agli IPA previsti dalla norma UNI EN 15980:2011, anche altri di interesse ambientale.

Nella tabella che segue sono riportati i risultati delle determinazioni di IPA, espressi in ng/m²/d, i nomi degli IPA sono stati abbreviati in accordo con quanto espresso nel cap. 2. La postazione nominata Fossamastra è quella relativa a Fossamastra-Basso, in quanto unica postazione in cui erano presente entrambi i deposimetri per metalli e organici:

Postazione	Camp.	Fen	Ant	Flu	Pir	BaA	Cri	BbF	BjF	BkF	BeP	BaP	IP	DBahAn	BghIP	DBaIP	DBaeP	DBaIP	DBahP	Cor
Bolano	16/1	16	2	43	35	11	42	25	14	12	25	15	14	<2	15	5	2	<2	2	<6
Bolano	16/2	34	9	51	37	12	36	15	<2	<3	12	15	5	<2	21	<2	<2	<2	<2	<2
Bolano	16/3	4	<2	9	9	<2	<2	6	<2	<2	7	<2	<2	<2	<4	<2	<2	<2	<2	<2
Bolano	16/4	22	2	4	4	<2	2	6	<2	<2	<2	5	<2	<2	3	<2	<2	<2	<2	1
Follo	16/1	110	11	91	67	25	54	45	16	18	43	39	18	2	25	5	<2	<2	<2	7
Follo	16/2	83	16	35	21	5	27	22	<2	4	47	24	9	2	13	<2	<2	<2	<2	7
Follo	16/3	<2	<2	3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Follo	16/4	16	2	9	7	<2	9	9	2	3	4	4	2	<2	5	<2	<2	<2	<2	1
Arcola	16/1	25	5	30	24	8	30	16	7	5	24	25	7	<2	8	<2	<2	<2	<2	<2
Arcola	16/2	127	32	107	96	24	79	58	<2	15	76	44	30	3	62	6	<2	<2	<2	19
Arcola	16/3	4	<1	8	7	<1	5	2	1	2	7	1	1	<1	1	1	<1	<1	<1	1
Arcola	16/4	22	2	21	17	11	26	37	15	19	30	22	19	6	24	<2	2	<2	2	3
Le Grazie	16/1	20	6	30	28	9	37	24	14	15	30	22	14	<2	19	5	<2	<2	<2	7
Le Grazie	16/2	81	20	42	52	8	46	29	<2	7	28	9	10	<2	16	<2	<2	<2	<2	3
Le Grazie	16/3	<2	3	5	3	<2	<2	3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3	<2	<2	<2	<2	<2
Le Grazie	16/4	17	<2	5	5	<2	2	6	<2	<2	<2	<2	<2	<2	4	<2	<2	<2	<2	1
Chiappa	16/1	18	2	29	26	7	32	21	11	8	29	24	13	<2	16	<2	<2	<2	<2	7
Chiappa	16/2	79	27	35	25	10	31	20	3	6	28	19	10	<2	14	<2	<2	<2	<2	4
Chiappa	16/3	4	2	6	5	2	4	15	4	5	13	4	9	<2	10	<2	<2	<2	<2	<2
Chiappa	16/4	23	2	10	7	<2	5	9	2	7	<2	5	5	<2	7	<2	<2	<2	<2	2
Maggiolina	16/1	19	5	37	34	10	45	30	11	10	32	11	13	<2	24	5	<2	<2	<2	10
Maggiolina	16/2	198	16	51	38	8	32	21	2	2	25	16	8	<2	18	<2	<2	<2	<2	5
Maggiolina	16/3	5	<2	8	11	<2	3	5	2	<2	7	<2	3	<2	9	<2	<2	<2	<2	5
Maggiolina	16/4	24	2	11	11	<2	5	8	<2	2	4	5	3	<2	9	<2	<2	<2	<2	2
Saint Bon	16/1	25	6	59	65	24	80	74	32	28	65	33	32	6	59	9	<2	<2	<2	21
Saint Bon	16/2	42	15	56	58	11	41	17	<2	6	45	31	9	<2	12	<2	<2	<2	<2	3
Saint Bon	16/3	6	<2	13	18	<2	3	5	<2	<2	5	<2	3	<2	13	<2	<2	<2	<2	4
Saint Bon	16/4	27	3	33	36	8	24	26	8	12	15	20	14	2	32	<2	<2	<2	<2	7
Fossamastra	16/1	392	54	499	924	101	365	211	108	55	368	141	91	18	491	32	<2	<2	<2	169
Fossamastra	16/2	332	43	396	692	62	245	142	2	39	296	125	75	15	470	18	<2	<2	<2	118
Fossamastra	16/3	23	3	52	85	5	23	14	5	4	22	9	7	<2	40	<2	<2	<2	<2	14
Fossamastra	16/4	118	15	178	295	36	106	65	25	22	103	65	33	5	192	<2	<2	<2	<2	52
Canaletto	16/1	76	11	103	147	24	97	58	26	22	79	39	28	3	113	9	<2	<2	<2	51
Melara	16/1	21	2	33	29	9	38	23	12	8	18	7	12	<2	24	<2	<2	<2	<2	15
Melara	16/2	104	18	69	59	12	44	28	<2	8	39	24	15	<2	36	<2	<2	<2	<2	16
Melara	16/3	6	2	9	13	2	4	3	2	2	6	2	2	2	8	<2	<2	<2	<2	3
Melara	16/4	23	2	21	21	<2	5	16	4	6	15	12	8	<2	20	<2	<2	<2	<2	9

Tabella 30 – Risultati del rateo di deposizioni di IPA in ng/m²/d.

Dalla tabella precedente emergono alcune considerazioni che sono sintetizzate di seguito:

- per tutte le postazioni si evidenzia un dipendenza delle deposizioni di IPA in base alla stagionalità delle campagne, con valori dei ratei maggiori nel periodo invernale, indipendentemente dalle caratteristiche urbane o extraurbane di ciascuna postazione e dalla entità delle polveri depositate che sono per lo più paragonabili tra estate e inverno, salvo che per le postazioni influenzate da forte traffico in cui le polveri depositate sono lievemente superiori in inverno (v. par. 5.1);
- se si considera l'andamento delle deposizioni di IPA in ciascuna postazione, i ratei rilevati nelle campagne condotte in stagioni simili risultano paragonabili se lo sono anche le precipitazioni occorse nel periodo. Sembrerebbe, quindi, che l'apporto più significativo nel trasferimento a terra degli IPA per il comprensorio della Spezia richieda un sostanziale concorso delle precipitazioni, tramite i noti meccanismi di "rain-out" o "wash-out", quando normalmente la deposizione secca gioca un ruolo anch'esso significativo nella deposizione di IPA. A dimostrazione di ciò, i ratei di deposizione di IPA della campagna **P14 16/3**, caratterizzata da totale assenza di precipitazioni, sono i minori in assoluto e indicherebbero che le polveri depositate al suolo per sola sedimentazione hanno un modesto contenuto di IPA. L'influenza delle precipitazioni sui ratei di deposizione di IPA è particolarmente evidente paragonando le due campagne estive (**P14 16/3 e 16/4**) in cui nella seconda vi è stato un netto incremento del rateo di deposizione di IPA.
- a **Fossamastra** nelle due campagne invernali si sono avuti i massimi ratei di deposizione di IPA, ben superiori a quelli analoghi del 2015 (v. cap. 7), pur tenendo conto dell'effetto di incremento conseguente all'abbassamento del deposimetro. E' evidente che vi è stata l'influenza dell'incendio di un edificio civile occorso il 23/03/16 durante la campagna nei pressi della postazione (v. cap. 2) che probabilmente ha influito anche nella successiva campagna, per il possibile perdurare della presenza di residui di combustione nelle polveri della zona circostante. Nelle due successive campagne estive, il rateo di deposizione di IPA è nettamente calato, specie nella campagna **P14 16/3**, quella caratterizzata da assenza di precipitazioni, per poi risalire nella successiva campagna estiva;
- nella **P14 16/2**, l'aumento dei ratei di deposizione di fenantrene a Maggiolina e di fenantrene e antracene a Saint Bon e Chiappa, potrebbe essere legato all'evento di incendio della fonderia Patrone occorso durante la campagna (v. cap. 2);
- da segnalare la presenza significativa di coronene, un IPA caratteristico delle emissioni del traffico veicolare, nelle deposizioni delle postazioni urbane più caratterizzate da intenso traffico viabilistico.

Per le successive considerazioni, i valori inferiori al limite di quantificazione (LdQ) sono stati sostituiti con metà del valore limite, in accordo con le indicazioni del Rapporto ISTISAN 06/38¹⁴ che rimanda al Rapporto ISTISAN 04/15¹⁵.

La tabella seguente riporta i ratei di deposizione della somma di tutti gli IPA determinati (IPA totali) e di quelli previsti dalla norma UNI EN 15980:2011 (v. cap. 2) nel 2016,

¹⁴ Menichini E., et al., 2006.

¹⁵ Menichini E. e Viviano G., 2004

entrambi intesi come sommatoria dei valori superiori al LdQ e di metà dello stesso, nel caso di ratei inferiori al LdQ:

	P14 16/1		P14 16/2		P14 16/3		P14 16/4	
	IPA Totali	IPA norma UNI						
Bolano	281	91	253	49	49	12	58	15
Follo	580	164	319	67	19	6	78	22
Arcola	221	70	781	175	43	8	279	129
Le Grazie	282	98	356	64	28	8	49	11
Chiappa	248	85	315	69	91	41	90	29
Maggiolina	298	85	446	58	66	14	91	20
Saint Bon	621	229	350	75	78	12	271	92
Fossamastra	4021	724	3074	460	309	44	1313	251
Canaletto	889	201	-	-	-	-	-	-
Melara	254	72	479	89	68	14	166	47

Tabella 31 – Deposizioni totali di IPA nelle quattro campagne. Valori in ng/m²/d.

Gli intervalli di deposizioni degli IPA totali e di quelli previsti dalla norma UNI, nelle postazioni distinte in extraurbane (Bolano, Follo, Arcola e Le Grazie) e urbane (Chiappa, Maggiolina, Saint Bon, Fossamastra, Canaletto, Melara), sono riportati nel prospetto seguente:

Campagna	Postazioni extraurbane		Postazioni urbane	
	IPA Totali [ng/m ² /d]	IPA norma UNI [ng/m ² /d]	IPA Totali [ng/m ² /d]	IPA norma UNI [ng/m ² /d]
P14 16/1	221-580	70-164	248-4021	72-724
P14 16/2	253-781	49-175	315-3074	58-460
P14 16/3	19-49	6-12	66-309	12-44
P14 16/4	49-279	11-129	90-1313	20-251

Tabella 32– Intervalli di deposizione di IPA nelle campagne. Valori in ng/m²/d.

Riferendosi alle due tabelle precedenti emergono alcune osservazioni ulteriori, riportate di seguito:

- le deposizioni maggiori di IPA totali e della norma UNI EN 15980:2011 si sono avute in inverno nelle postazioni urbane ma anche in quelle extraurbane. Particolarmente elevata, relativamente alle analoghe deposizioni delle postazioni extraurbane, sembra essere quella di Follo nella campagna **P14 16/1**, probabilmente da attribuire a influenze da combustione di biomasse o altre influenze locali da combustione occorse nel periodo del monitoraggio;
- in tutte le postazioni, si è avuta una netta diminuzione di deposizioni anche degli IPA della norma UNI EN 15980:2011 in estate rispetto all'inverno, in particolare nella campagna **P14 16/3**, quella caratterizzata da assenza di pioggia e un loro aumento nella campagna **P14 16/4** con ratei comunque circa dimezzati rispetto alle campagne invernali;
- ad Arcola, pur con le dovute cautele del caso, è riscontrabile nel 2016 una correlazione lineare tra le deposizioni del Pb e quelle di IPA totali e della norma UNI EN 15980:2011, come mostrato nella figura che segue.

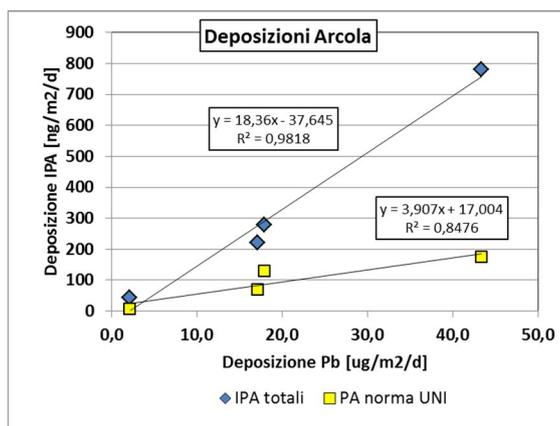
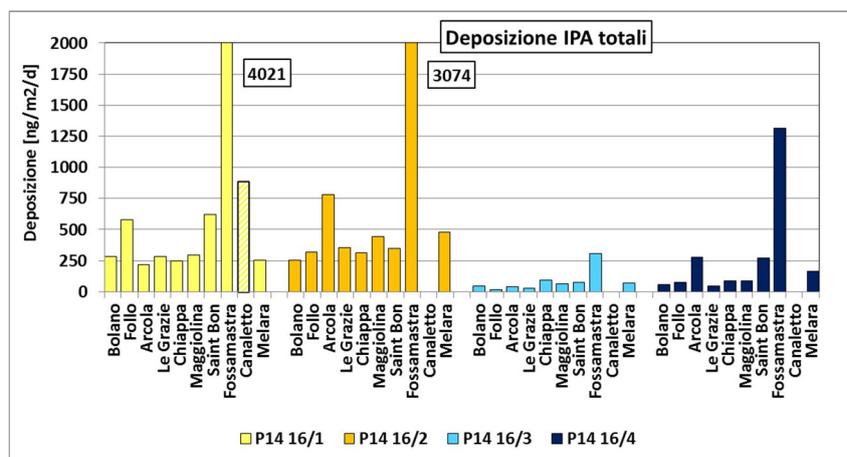


Figura 46 - Correlazione tra deposizioni di IPA e Pb per la postazione di Arcola.

La figura evidenzia che si può individuare una correlazione tra la deposizione di Piombo e quella degli IPA totali e degli IPA della norma UNI che andrà meglio valutata quando si avranno un numero maggiore di casi con elevate concentrazioni sia di Piombo che di IPA (vedi Allegato 2).

La figura seguente confronta invece l'andamento spaziale delle deposizioni di IPA totali e degli IPA della norma EN 15980:2011 nel 2016 ed evidenzia i maggiori tassi di deposizione registrati nella postazione di Fossamastra (deposimetro al livello del suolo) ed occasionalmente in altre postazioni (Follo nella **P14 16/1** e Arcola nella **P14 16/2** e **P14 16/4**):



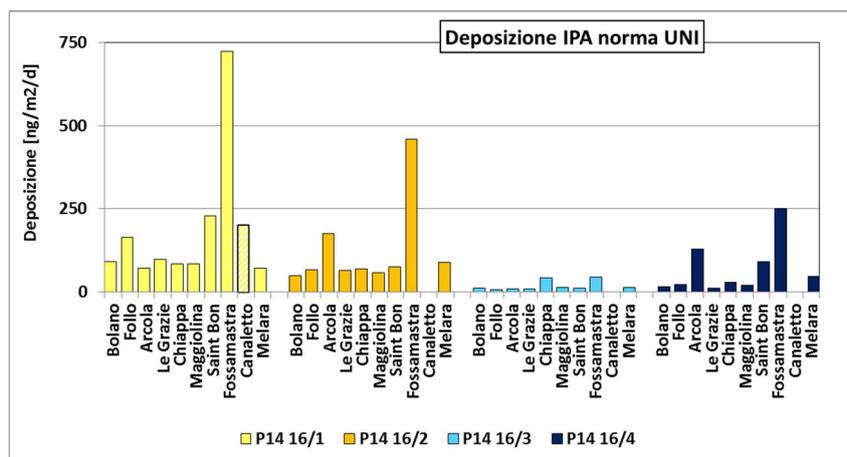


Figura 47 – Deposizioni di IPA totali e della norma UNI EN 15980:2011 nel 2016.

5.4.1.1 Ratei di deposizioni di benzo[a]pirene

Non essendoci valori limite per le deposizioni di IPA ed essendo il numero di IPA determinati negli studi in letteratura altamente variabile, si è fatto riferimento ad un solo IPA specifico, il benzo[a]pirene (BaP). I ratei di deposizione del BaP sono riportati nella tabella seguente:

	P14 16/1 inverno	P14 16/2 inverno	P14 16/3 estate	P14 16/4 estate
Bolano	15	15	0,9	5,4
Follo	39	24	0,9	3,9
Arcola	25	44	0,9	22
Le Grazie	22	8,8	0,9	0,8
Chiappa	24	19	4,5	5,4
Maggiolina	11	16	0,9	4,6
Saint Bon	33	31	0,9	20
Fossamastra	141	125	9,0	65
Canaletto	39	-	-	-
Melara	7,4	24	1,8	12

Tabella 33 – Ratei di deposizione di benzo(a)pirene nel 2016. Valori in ng/m²/d.

Nelle campagne del 2016 si sono riscontrati valori dei ratei di deposizione BaP più elevati nelle campagne invernali rispetto a quelle condotte in estate. Va ricordato però, che le ceneri e i prodotti di combustione prodottisi nell'incendio avvenuto durante la campagna **P14 16/1** nei pressi della postazione di Fossamastra, hanno sicuramente influito in maniera significativa sui ratei rilevati e hanno con tutta probabilità influenzato anche i ratei di deposizione di BaP della successiva campagna.

Una valutazione dell'andamento temporale del BaP durante le campagne del 2014-2016 è riportata nel cap. 7.

La figura seguente riporta il rateo di deposizione di BaP nelle quattro campagne del 2016 e conferma quanto detto sopra ovvero che i maggiori tassi di deposizione si sono rilevati in inverno a Fossamastra, tra le postazioni urbane, e ad Arcola e Follo, tra le postazioni extra-urbane.

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



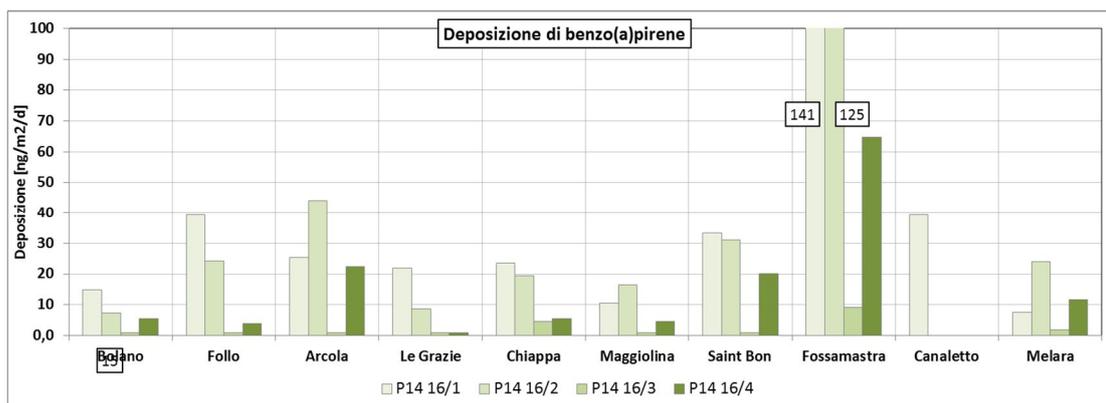


Figura 48 – Deposizioni di benzo(a)pirene nelle campagne di monitoraggio del 2016.

Il rateo di deposizione media del BaP nell'intero comprensorio della Spezia nel periodo di campionamento del 2016, presenta un valore pari a 22,3 ng/m²/d con il 138% di deviazione standard. Tale valore può essere quindi confrontato con i valori di letteratura riportati in Tabella 34, suddivisi tra deposizioni in aree di fondo e urbane-industriali. I valori sono espressi in ng/m²/d:

Aree rurali, remote o siti di riferimento			
Italia	Melfi	1,9-6,9 (min-max)	Menichini et al., 2007
	Laguna di Venezia	6-9 (min-max)	Rossini et al, 2001, Presentazione G, Settimo ¹⁶
	Aosta, sito di riferimento	5	Presentazione G, Settimo ¹⁶
	Cerano (Novara), rurale	3,3 (media anno 2012)	ARPA Piemonte, 2014
	Cerano (Novara), fondo urbano	3,7 (media anno 2012)	ARPA Piemonte, 2014
	San Nicola di Melfi (stagione fredda)	1,9-5,7 (min-max)	Presentazione G, Settimo ¹⁶
	Finlandia	Pallas	2-10 (min-max)
Svezia	Rorvik	5-17 (min-max)	Tørseth et al., 2012
Aree urbane e industriali			
Italia	Venezia	30 (media annuale)	Rossini et al., 2001
	Aosta	28	Arpa Val D'Aosta, 2010
	Taranto 2008-2011	2,0-182	Presentazione G, Settimo ¹⁶
	San Nicola di Melfi (stagione fredda)	3,2-4,1 (area urbana) 4,6-6,9 (area industriale)	Presentazione G, Settimo ¹⁶
	Borgo Valsugana	nd-5 (dry) 1-27 (wet)	Argiriadis, E., et al, 2014
	Francia	Parigi	25 (media annuale)
Le Havre		270 (mag.-ott, 2001)	
Rouen		150 (mag.-ott, 2001)	Motelay-Massei, A, et al., 2002
Evreux		130 (mag.-ott, 2001)	

Tabella 34 - Valori di deposizione di benzo[a]pirene tratti dalla letteratura, Valori in ng/m²/d,

Dalla tabella, si evince che la media annuale di deposizioni di BaP alla Spezia risulta confrontabile a quella di altri siti urbani in Europa.

¹⁶ Si veda G. Settimo "Evoluzione storica e normativa delle deposizioni atmosferiche e stato dell'arte nazionale", Seminario Deposizioni atmosferiche, Brescia, 2014. Consultabile al sito: http://ita.arpalombardia.it/ITA/area_download/index

5.4.1.2 *Fingerprint IPA nelle deposizioni*

Per valutare eventuali differenze qualitative tra le deposizioni avvenute nelle postazioni durante le campagne si è fatto ricorso alla analisi di *fingerprint* dei profili normalizzati degli IPA. La procedura per l'ottenimento dei *fingerprint* è stato descritto nel par. 5.4. Nelle figure che seguono sono mostrati i profili ottenuti, suddivisi per campagna e raggruppati per postazioni con caratteristiche simili (**extraurbane**: Bolano, Follo, Arcola e Le Grazie; **urbane**: Chiappa, Maggiolina, Saint Bon, Fossamastra e Melara).

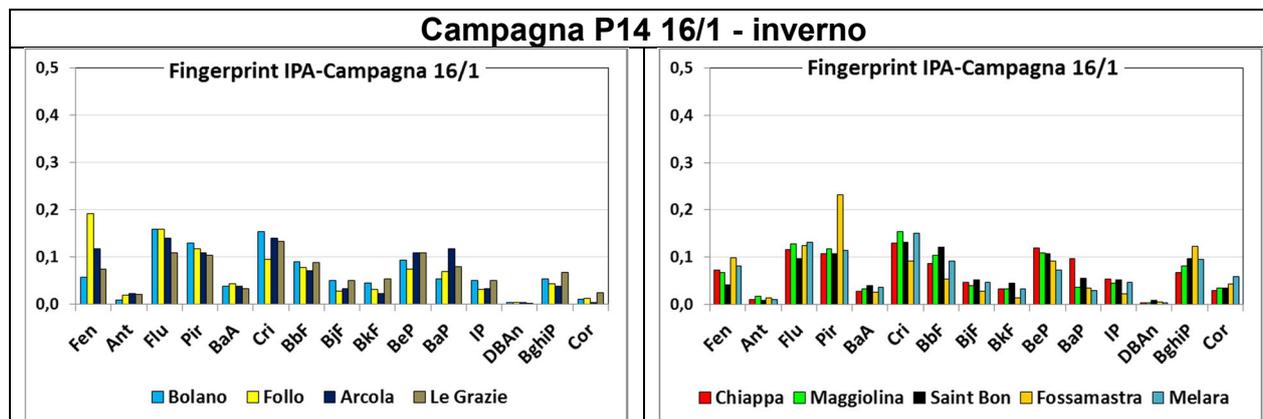


Figura 49 – *Fingerprint* degli IPA totali nella campagna P14 16/1 (invernale) per le postazioni extraurbane (a sin) e urbane (a ds).

Nella campagna **P14 16/1**, propriamente invernale, i *fingerprint* appaiono relativamente simili tra tutte le postazioni e si differenziano soprattutto per l'abbondanza di alcuni IPA pesanti nei *fingerprint* delle postazioni urbane, segnatamente benzo(ghi)perilene e coronene, riferibili ad emissioni del traffico veicolare a benzina¹⁷.

I *fingerprint* della campagna **P14 16/2** del periodo di inizio primavera sono riportati di seguito:

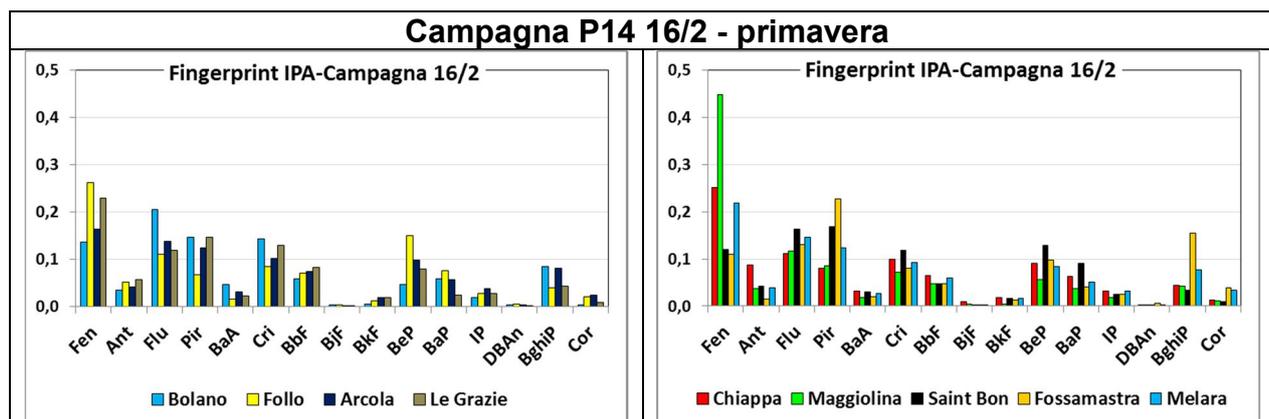


Figura 50 – *Fingerprint* degli IPA totali nella campagna P14 16/2 (primavera) per le postazioni extraurbane (a sin) e urbane (a ds).

¹⁷ Gli studi condotti sul particolato raccolto in tunnel trafficati indicano che esso è arricchito in benzo(ghi)perilene e coronene, che sono caratteristici delle emissioni di motori a benzina (Miguel et al., 1998). Masclat et al., 1986 hanno riscontrato invece che le emissioni di motori diesel sono arricchite in fluorantene, pirene e crisene.

Per la campagna **P14 16/2**, i fingerprint delle postazioni extraurbane e urbane, sono caratterizzati dalla maggiore abbondanza relativa di IPA a minor peso molecolare (fenantrene, fluorantene e pirene). Nei *fingerprint* di Maggiolina, in particolare, spicca il contributo relativo di fenantrene indice di una possibile influenza riferibile all'evento di incendio della fonderia Patrone che può aver interessato tale postazione.

A Fossamastra e Melara è riscontrabile la presenza di benzo(ghi)perilene e coronene, che sono riferibili alle emissioni del traffico veicolare a benzina.

Di seguito sono riportati i fingerprint degli IPA determinati nella campagna **P14 16/3** e **P14 16/4**, condotte in periodo tipicamente estivo:

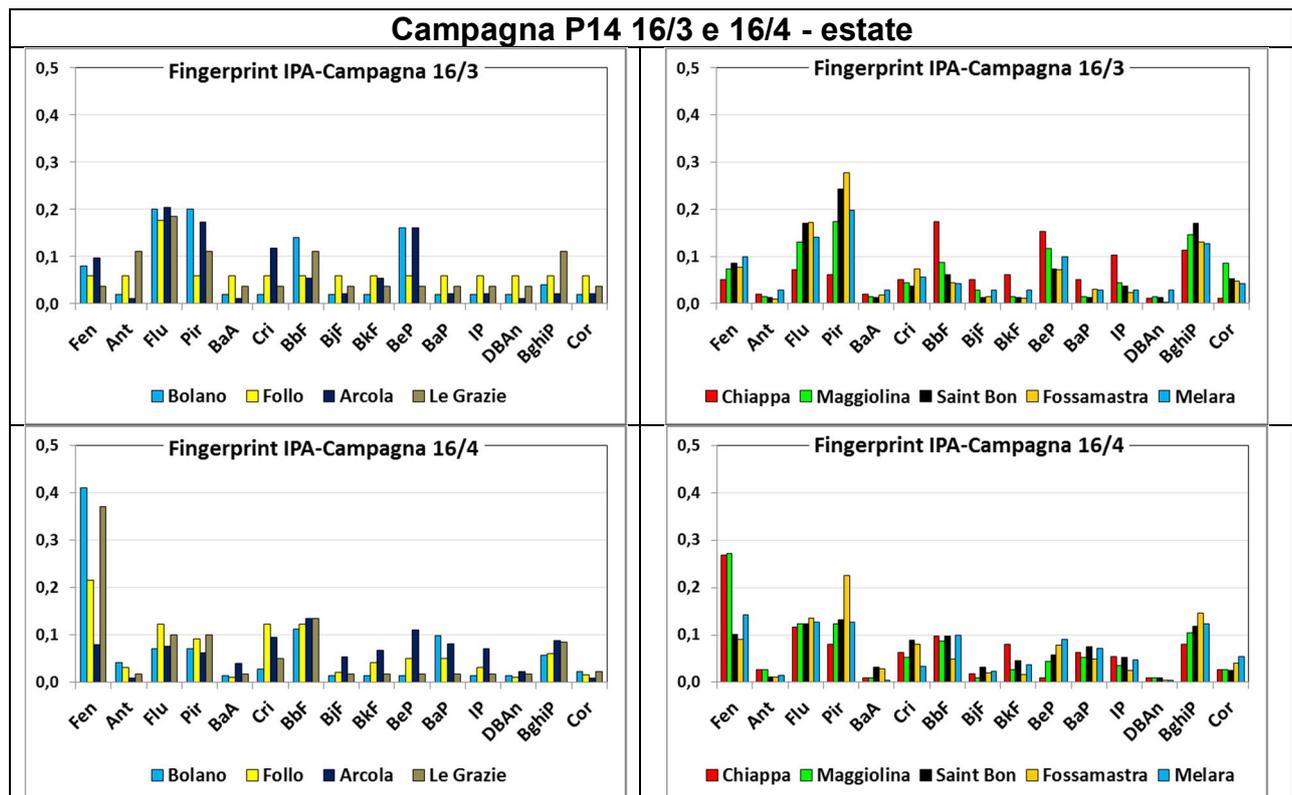


Figura 51 – Fingerprint degli IPA totali nelle campagne P14 16/3 e 16/4 (estate) per le postazioni extraurbane (a sin) e urbane (a ds).

Dall'esame dei *fingerprint* delle due campagne estive emergono alcune differenze che si possono così riassumere:

- nelle campagne **P14 16/3** e **16/4** hanno avuto una rilevanza maggiore gli IPA a minor peso molecolare, ovvero quelli compresi tra fenantrene e pirene; in particolare, il fenantrene è risultato avere la maggiore rilevanza nelle postazioni extraurbane durante la campagna estiva **P14 16/4**;
- rispetto alle campagne di inverno-primavera (**P14 16/1** e **16/2**) in quelle estive decresce il peso degli IPA pesanti, da crisene a dibenzo(a,h)antracene, ma permane un significativo contributo relativo di di benzo(ghi)perilene e coronene, che sono riferibili alle emissioni del traffico veicolare a benzina;

- a Chiappa, il fingerprint della prima campagna estiva (**P14 16/3**) evidenzia un scarso peso relativo degli IPA leggeri, in particolare fluorantene e pirene, e una maggiore presenza di IPA pesanti come benzo(b)fluorantene, benzo(e)pirene, indeno(1,2,3-cd)pirene e benzo(ghi)perilene, probabilmente ad indicare una commistione di sorgenti legati a traffico veicolare e a possibili combustione di biomasse. Il *fingerprint* è mostrato di seguito:

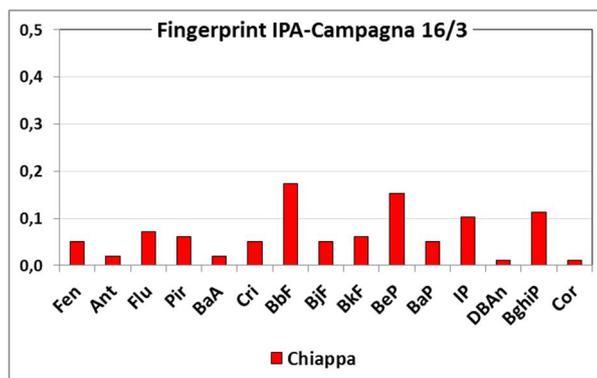


Figura 52 - Fingerprint degli IPA totali della postazione di Chiappa nella campagna P14 16/3.

5.4.2 PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri

Nelle tabelle che seguono sono riportati i ratei di deposizione dei congeneri di PCDD/F e PCB determinati nei campioni di deposizioni. I valori sono espressi in pg/m²/d:

Postazione	Campagna	2,3,7,8-TCDD	1,2,3,7,8-PeCDD	1,2,3,4,7,8-HxCDD	1,2,3,6,7,8-HxCDD	1,2,3,7,8,9-HxCDD	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	OCDD	2,3,7,8-TCDF	1,2,3,7,8-PeCDF	2,3,4,7,8-PeCDF	1,2,3,4,7,8-HxCDF	1,2,3,6,7,8-HxCDF	2,3,4,6,7,8-HxCDF	1,2,3,7,8,9-HxCDF	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	OCDF
Bolano	16/1	<0,10	<0,13	<0,15	3,83	0,80	12,86	7,65	<0,10	<0,09	0,36	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	1,44	<0,17	<0,40
Bolano	16/2	<0,12	<0,22	<0,27	<0,29	0,47	3,50	0,19	<0,15	<0,13	<0,12	<0,22	<0,20	<0,20	<0,20	<0,52	<0,29	<0,68
Bolano	16/3	<0,10	<0,19	<0,23	0,32	<0,21	7,26	9,52	0,46	<0,02	0,15	0,34	<0,17	<0,17	<0,17	0,55	<0,20	<0,59
Bolano	16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	2,95	1,08	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,34	<0,19	<0,44
Follo	16/1	<0,10	<0,13	<0,15	1,02	<0,14	6,71	7,41	<0,10	<0,09	<0,09	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	1,31	<0,17	<0,40
Follo	16/2	<0,12	<0,21	<0,27	<0,29	<0,24	3,30	1,68	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,20	<0,52	<0,29	<0,68
Follo	16/3	<0,10	<0,19	<0,23	3,08	2,10	24,12	32,21	3,21	0,96	1,45	2,12	<0,17	<0,17	<0,17	1,68	<0,25	<0,59
Follo	16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	<0,20	0,90	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,33	<0,19	<0,44
Arcola	16/1	<0,10	<0,13	<0,15	0,62	<0,14	5,38	8,79	<0,10	<0,09	<0,09	<0,11	0,32	<0,11	<0,11	0,37	<0,17	<0,40
Arcola	16/2	<0,12	<0,21	<0,26	<0,29	<0,24	<0,31	0,37	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,19	<0,52	<0,29	<0,67
Arcola	16/3	<0,02	<0,05	<0,06	1,41	0,27	8,90	10,97	0,58	0,31	0,15	0,47	<0,04	<0,04	<0,04	0,25	0,04	<0,14
Arcola	16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	3,19	13,16	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	0,04	<0,19	0,44
Le Grazie	16/1	<0,10	<0,13	<0,15	<0,09	<0,07	2,22	1,06	<0,10	<0,09	<0,01	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	1,28	<0,09	<0,18
Le Grazie	16/2	<0,12	<0,22	<0,27	<0,30	<0,25	4,68	1,14	<0,15	<0,13	<0,12	<0,22	<0,20	<0,20	<0,20	<0,12	<0,30	<0,69
Le Grazie	16/3	<0,10	<0,19	<0,23	<0,26	<0,21	6,65	6,00	0,30	0,32	<0,11	0,50	<0,17	<0,17	<0,17	<0,45	<0,26	<0,59
Le Grazie	16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	0,44	0,48	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,33	<0,19	0,12
Chiappa	16/1	<0,10	<0,13	0,10	0,74	<0,07	0,28	0,40	<0,10	<0,01	<0,09	<0,08	<0,11	<0,11	<0,11	0,89	<0,17	2,40
Chiappa	16/2	<0,12	<0,22	<0,27	<0,30	<0,24	<0,32	1,41	<0,15	<0,13	<0,12	<0,22	<0,20	<0,20	<0,20	<0,53	<0,30	<0,69
Chiappa	16/3	<0,10	<0,18	<0,23	<0,25	<0,21	4,82	6,43	<0,13	<0,11	<0,10	0,34	0,23	<0,17	<0,17	<0,45	<0,25	<0,59
Chiappa	16/4	<0,08	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	<0,20	1,08	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,34	<0,19	<0,44
Maggiolina	16/1	<0,10	<0,13	<0,15	4,02	1,84	29,45	41,98	<0,10	<0,09	1,14	<0,16	<0,14	<0,11	<0,11	2,33	0,59	2,51
Maggiolina	16/2	<0,12	<0,22	<0,27	<0,29	<0,24	2,38	1,40	<0,15	<0,13	<0,12	<0,22	<0,20	<0,20	<0,20	0,97	<0,29	<0,68
Maggiolina	16/3	<0,10	<0,19	<0,23	<0,33	<0,47	4,12	0,66	<0,13	<0,12	<0,11	<0,19	<0,29	<0,18	<0,17	<0,46	<0,26	<0,60
Maggiolina	16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,15	<0,20	0,94	<0,09	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,12	<0,33	<0,19	0,59
Saint Bon	16/1	<0,10	<0,13	<0,15	9,35	5,56	46,76	67,46	<0,10	0,49	1,15	2,43	<0,11	<0,11	<0,11	3,27	<0,17	2,39
Saint Bon	16/2	<0,12	<0,22	<0,27	<0,30	<0,10	2,78	14,92	<0,15	<0,13	<0,12	<0,22	<0,20	<0,20	<0,20	1,36	<0,30	<0,69
Saint Bon	16/3	<0,10	<0,19	<0,23	<0,37	<0,21	<0,27	0,16	<0,11	<0,07	<0,24	<0,17	<0,17	<0,17	<0,41	<0,26	<0,59	
Saint Bon	16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	0,79	9,79	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	0,33	<0,19	0,12
Fossamastra	16/1	<0,10	<0,13	<0,17	2,34	1,46	12,13	16,84	<0,10	0,36	1,03	1,51	0,71	<0,11	<0,11	3,83	<0,17	4,68
Fossamastra	16/2	<0,12	<0,21	<0,27	<0,29	<0,24	6,85	26,69	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,20	3,58	<0,29	<0,68
Fossamastra	16/3	<0,10	<0,19	<0,23	0,32	0,21	2,92	10,88	<0,13	<0,11	<0,11	<0,36	0,40	<0,17	<0,17	<0,45	<0,26	<0,59
Fossamastra	16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	3,54	11,33	0,41	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,33	<0,19	2,15
Canaletto	16/1	<0,14	0,27	<0,15	<0,19	<0,16	2,15	3,76	<0,31	0,40	0,81	0,54	0,40	0,40	<0,13	0,94	<0,19	0,81
Melara	16/1	<0,10	0,14	<0,15	7,94	3,25	32,91	27,79	<0,11	0,50	1,31	2,34	<0,11	<0,12	<0,12	1,99	0,06	1,36
Melara	16/2	<0,12	<0,21	<0,26	<0,29	<0,24	4,92	1,38	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,19	<0,52	<0,29	<0,67
Melara	16/3	<0,10	<0,19	<0,23	2,27	0,49	10,07	8,12	0,46	<0,06	<0,05	0,83	0,24	<0,17	<0,17	1,04	0,41	<0,59
Melara	16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	3,89	13,48	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	1,00	<0,19	<0,44

Tabella 35 - Ratei di deposizione di congeneri di PCDD e PCDF. Valori in pg/m²/d.

La maggior parte dei congeneri di PCDD e PCDF sono risultati inferiori al limite di quantificazione salvo che per la campagna P14 16/1 in cui, come si vedrà meglio nel par. 5.4.2.2, le ricadute dei fumi dell'incendio avvenuto a Fossamastra il 23/03/16 hanno avuto una rilevabile influenza su alcune postazioni, anche a causa di una particolare circolazione dei venti nelle giornate dell'evento.

Tra tutti congeneri, solo la octaclorodibenzo-p-diossina (OCDD), la meno tossica delle diossine (Appendice 1) e, saltuariamente la 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD e l'octaclorodibenzofurano (OCDF) sono risultate rilevabili nei campioni di deposizione. La TCDD non è stata mai rilevata in nessun campione, neppure in quelli influenzati dall'incendio del 23/03/16.

Nella tabella successiva sono riportati i ratei di deposizione dei PCB *dioxin like* (dl), anch'essi espressi in $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$:

Postazione	Campagna	PCB 81	PCB 77	PCB 126	PCB 169	PCB 105	PCB 114	PCB 118	PCB 123	PCB 156	PCB 157	PCB 167	PCB 189
Bolano	16/1	<0,4	1,5	1,0	<0,2	3,2	<0,9	6,2	<0,9	3,2	0,2	0,2	0,2
Bolano	16/2	<0,0	3,8	0,9	<0,4	0,9	0,8	4,5	<1,3	3,3	0,1	0,3	1,3
Bolano	16/3	<0,5	0,7	0,8	<0,3	1,0	<0,7	0,9	<1,1	1,3	0,4	0,3	0,4
Bolano	16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	0,8	<0,5	0,7	<0,8	2,5	0,3	0,3	0,3
Follo	16/1	<0,4	3,3	0,8	<0,2	2,7	<0,0	8,1	1,7	4,0	1,5	2,7	1,2
Follo	16/2	<0,6	2,9	0,9	0,3	3,9	<0,1	11,6	0,4	8,9	1,3	3,6	0,5
Follo	16/3	<0,5	0,7	0,8	<0,3	1,0	<0,7	0,9	<1,1	0,4	0,3	0,1	0,4
Follo	16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,7	<0,8	0,3	0,3	0,3	0,3
Arcola	16/1	<0,4	50,3	10,8	<0,2	139,6	<0,9	239,1	<0,9	62,9	19,5	26,3	3,7
Arcola	16/2	5,1	184,2	49,7	<0,3	568,1	13,1	1008,8	18,9	85,5	87,6	104,1	7,5
Arcola	16/3	<0,1	0,2	0,2	<0,1	0,2	<0,2	0,2	<0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
Arcola	16/4	<0,4	46,9	18,1	<0,2	127,6	2,5	174,0	3,2	105,0	25,8	30,1	7,7
Le Grazie	16/1	<0,4	2,8	1,0	<0,2	11,9	1,5	31,7	<0,3	10,0	2,0	3,7	1,1
Le Grazie	16/2	<0,6	3,3	1,5	<0,7	1,2	2,0	7,0	<1,4	9,4	0,5	1,6	1,6
Le Grazie	16/3	<0,5	1,5	0,8	<0,3	3,9	<0,1	3,4	<1,1	10,4	1,1	9,1	0,4
Le Grazie	16/4	<0,4	0,0	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,7	<0,8	0,1	0,8	5,2	3,1
Chiappa	16/1	<0,4	3,2	0,9	<0,2	6,8	<0,9	17,8	<0,9	6,9	2,0	3,3	0,8
Chiappa	16/2	<0,6	2,7	1,0	0,4	2,8	<0,1	7,3	1,3	4,1	0,2	2,3	0,9
Chiappa	16/3	<0,5	2,1	0,8	<0,3	1,0	<0,1	0,9	<1,1	0,4	0,3	0,4	0,4
Chiappa	16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	0,8	<0,2	0,7	<0,8	3,6	0,4	0,3	0,3
Maggiolina	16/1	<0,3	11,8	1,0	<0,2	57,8	<3,3	117,4	6,0	24,6	7,4	15,0	3,8
Maggiolina	16/2	<0,6	6,0	2,6	0,4	55,6	1,4	103,3	2,3	10,6	0,7	6,8	2,2
Maggiolina	16/3	<0,5	6,1	0,9	<0,3	21,6	3,4	34,9	<0,3	4,1	0,8	4,8	0,4
Maggiolina	16/4	<0,4	2,6	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,6	<0,8	2,9	1,0	0,0	0,3
Saint Bon	16/1	<0,4	0,5	1,0	<0,2	34,2	<0,9	59,6	<0,9	18,4	3,3	7,3	0,2
Saint Bon	16/2	<0,6	8,4	1,0	<0,4	55,9	1,3	93,8	<1,3	4,9	5,1	11,0	3,5
Saint Bon	16/3	<0,5	1,8	0,8	<0,3	8,3	1,7	5,0	<1,1	4,1	2,4	2,0	0,4
Saint Bon	16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	5,6	1,6	11,2	<0,8	12,2	1,9	4,2	0,3
Fossamastra	16/1	<0,4	13,3	4,6	<0,2	101,8	5,3	249,5	<0,9	69,7	11,4	31,7	6,9
Fossamastra	16/2	<0,6	18,7	0,9	<1,7	95,4	5,0	200,1	<3,8	60,8	13,6	26,8	9,1
Fossamastra	16/3	<0,5	14,3	6,2	<0,3	108,3	6,2	217,4	5,8	54,7	14,1	35,1	9,3
Fossamastra	16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	45,7	<0,5	87,3	<0,8	31,9	0,3	15,2	0,3
Canaletto	16/1	3,2	81,2	24,2	2,5	1020,0	42,8	2482,9	39,3	342,9	107,4	195,9	12,7
Melara	16/1	<0,4	1,6	0,4	<0,2	17,9	<0,9	36,3	<0,4	10,7	2,3	4,0	0,6
Melara	16/2	<0,6	6,7	0,9	<0,8	22,8	<0,8	53,2	<2,2	17,3	3,9	10,8	0,5
Melara	16/3	<0,5	6,2	0,8	<0,3	20,6	1,2	41,7	3,8	7,6	1,4	3,3	0,4
Melara	16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,7	<0,8	5,5	0,3	0,3	0,3

Tabella 36 - Ratei di deposizione di congeneri di PCB. Valori in $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$.

Come per le diossine, anche se in minor misura, i PCB ricercati sono risultati spesso inferiori al limite di quantificazione (LdQ) in numerosi campioni. Deposizioni di PCB superiori significativamente al LdQ sono stati rilevati in quasi tutte le campagne e postazioni per i congeneri PCB 105, PCB 118, PCB 156 e PCB 157 in linea con gli anni precedenti. Tra questi, il PCB 118 è quello rilevato a maggiore concentrazione relativa in tutti i campioni e in particolar modo a Fossamastra, Arcola e nell'unico campione di deposizione di Canaletto.

Le deposizioni più significative di PCB si sono avute ad Arcola nelle campagne invernali-primaverili **P14 16/1 e 16/2** e in quella estiva **P14 16/4**, a Canaletto, nell' unica campagna disponibile nel 2016 per questo sito, e a Fossamastra nelle campagne invernali-primaverili **P14 16/1 e 16/2** e in quella estiva **P14 16/3**.

Va ricordato che le deposizioni massicche di PCB sopra riportate hanno una limitata valenza ambientale in termini di tossicità. Nelle deposizioni della Spezia sono poco significativi i PCB maggiormente tossici, vale a dire il congenere PCB 126 (TEF pari a 0,1) e il PCB 159 (TEF pari a 0,03) mentre quelli maggiormente rilevati sono di tossicità limitatissima. Pertanto, le deposizioni totali di PCCD/F e PCB *dI* sono state espresse in termini di tossicità equivalente alla 2,3,7,8-TCDD (si veda l'Appendice 1 per i fattori di tossicità e il cap. 2 per le convenzioni utilizzate) e le deposizioni sono state espresse in $\mu\text{g I-TEQ}/\text{m}^2/\text{d}$, come prassi per i campioni ambientali, sostituendo ai valori inferiori al LdQ la metà del LdQ ("medium-bound"). I ratei ottenuti sono riassunti di seguito:

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Postazione	Campagna	TEQ PCDD/F medium-bound	TEQ PCB dl medium-bound	TEQ PCDD/F+PCB dl medium-bound
Bolano	16/1	0,92	0,10	1,02
Bolano	16/2	0,31	0,10	0,41
Bolano	16/3	0,42	0,09	0,51
Bolano	16/4	0,18	0,06	0,25
Follo	16/1	0,34	0,08	0,42
Follo	16/2	0,27	0,11	0,38
Follo	16/3	2,25	0,09	2,34
Follo	16/4	0,15	0,06	0,22
Arcola	16/1	0,31	1,11	1,41
Arcola	16/2	0,24	5,05	5,29
Arcola	16/3	0,50	0,02	0,52
Arcola	16/4	0,20	1,83	2,03
Le Grazie	16/1	0,17	0,10	0,27
Le Grazie	16/2	0,29	0,16	0,45
Le Grazie	16/3	0,36	0,09	0,44
Le Grazie	16/4	0,16	0,06	0,22
Chiappa	16/1	0,23	0,10	0,33
Chiappa	16/2	0,24	0,11	0,35
Chiappa	16/3	0,30	0,09	0,39
Chiappa	16/4	0,16	0,06	0,22
Maggiolina	16/1	1,65	0,11	1,76
Maggiolina	16/2	0,27	0,28	0,55
Maggiolina	16/3	0,27	0,10	0,37
Maggiolina	16/4	0,15	0,06	0,22
Saint Bon	16/1	3,02	0,11	3,12
Saint Bon	16/2	0,29	0,11	0,39
Saint Bon	16/3	0,21	0,09	0,30
Saint Bon	16/4	0,17	0,07	0,24
Fossamastra	16/1	1,43	0,48	1,91
Fossamastra	16/2	0,37	0,13	0,50
Fossamastra	16/3	0,32	0,64	0,96
Fossamastra	16/4	0,24	0,07	0,31
Canaletto	16/1	0,84	2,63	3,47
Melara	16/1	2,57	0,05	2,61
Melara	16/2	0,29	0,11	0,40
Melara	16/3	0,69	0,09	0,78
Melara	16/4	0,21	0,06	0,28

Tabella 37 - Ratei di deposizione di PCDD/F e PCB dl. Valori in pg TEQ/m²/d.

La figura seguente confronta l'andamento spaziale delle deposizioni complessive di PCDD/F e PCB dl "medium-bound":

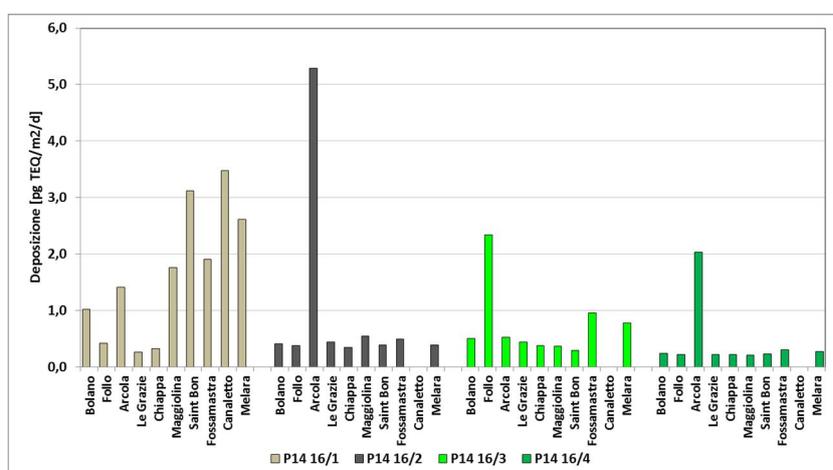


Figura 53 - Depositioni di PCDD/F e PCB dl "medium-bound". Valori in pg TEQ/m²/d.

Dalla figura risultano evidenti gli effetti dell'incendio di Fossamastra verificatosi il 23/03/16 quasi al termine della campagna **P14 16/1** nelle postazioni urbane di Maggiolina, Saint Bon, Fossamastra, Canaletto e Melara e probabilmente anche a Bolano, mentre non appaiono visibili gli effetti dell'incendio sulle altre postazioni. La particolare circolazione dei venti durante quella giornata ha infatti spinto i venti in direzione del centro della Spezia e ha interessato le postazioni di Canaletto, attiva durante la campagna, Saint Bon e Maggiolina. La successiva rotazione delle direzioni dei venti ha in seguito spinto i fumi verso Melara e, dai dati rilevati, sembrerebbe anche Bolano. Una discussione più dettagliata della situazione anemometrica del 23/03/16 è riportata in Appendice 4.

Nelle altre campagne del 2016, le deposizioni complessive di PCDD/F e PCB, in generale sono state di modesta entità e per lo più inferiori a 0,5 pg I-TEQ/m²/d, salvo i seguenti casi della campagna **P14 16/3**:

- a Fossamastra si è avuta una deposizione di 1 pg I-TEQ/m²/d, dovuti per la maggior parte a deposizione di PCB;
- a Melara e Follo si è avuta una deposizione rispettivamente di 0,8 e 2,3 pg I-TEQ/m²/d, quasi interamente dovuti a deposizione di PCDD/F, di cui non è stato possibile individuare una causa, anche se si può ipotizzare per Follo una influenza da combustione di biomasse, abbastanza frequente in periodo estivo nella zona.

Va comunque notato che in quasi tutte le postazioni le deposizioni di PCDD/F e PCB sono state maggiori nella prima campagna estiva (**P14 16/3**), la campagna quasi senza precipitazioni, rispetto a quelle della seconda campagna (**P14 16/4**), con andamento contrario a quello visto in precedenza per gli IPA (v. par. 5.4.1).

Arcola anche in questo caso rappresenta un caso a sé stante, in quanto le deposizioni di PCDD/F sono del tutto confrontabili con quelle delle postazioni extraurbane mentre le deposizioni di PCB sono elevate e correlabili a quelle del Piombo e, per il 2016, anche a quelle degli IPA, come riportato in precedenza. Di seguito è mostrata la correlazione tra deposizioni di PCB e quelle di Pb:

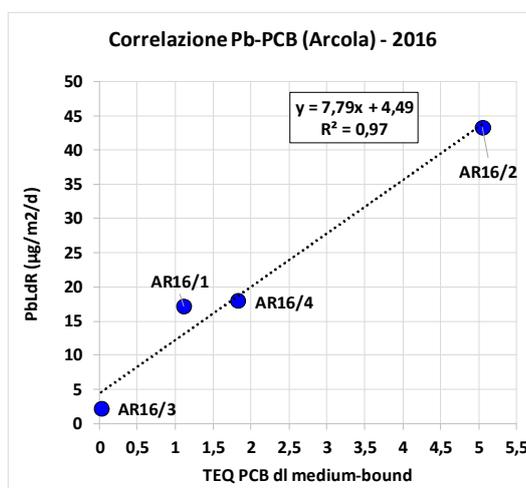


Figura 54 - Correlazione tra deposizione di PCB dl e Pb.

La correlazione è notevole e, per il 2016, la sorgente emissiva che influenza le deposizioni di Arcola ha prodotto una caratteristica impronta in cui sono dominanti le deposizioni di Pb, PCB e in alcuni casi di IPA, da riferire a qualche particolare processo termico locale, probabilmente artigianale (vedi Allegato 2).

Nel caso di Melara, punto considerato di massima ricaduta delle emissioni della Centrale della Spezia, si sono avute nel corso dell'anno deposizioni di PCDD/F e PCB del tutto confrontabili con quelle delle altre postazioni, specie con quelle di Fossamastra, salvo i casi sopra discussi.

L'andamento temporale delle deposizioni separate e complessive di PCDD/F e PCB *d*/ raggruppate per singola postazione sono confrontate nelle figura seguente:

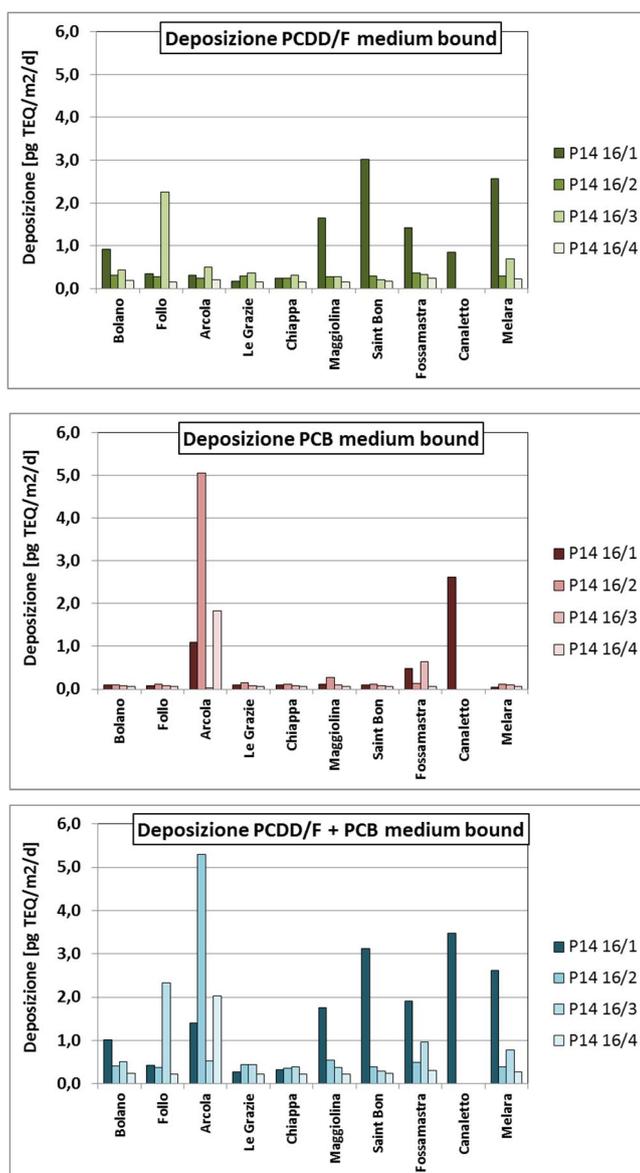


Figura 55 - Deposizioni medie di PCDD/F e PCB *d*/ nelle campagne. Valori in pg I-TEQ/m²/d.

Le figure permettono di valutare meglio i casi sopra citati di deposizioni anomale del 2016. In pratica, si può notare:

- le deposizioni anomale di PCDD/F in alcune postazioni urbane durante la campagna **P14 16/1** da far risalire alle ricadute dell'incendio a Fossamastra;
- una deposizione anomala di PCDD/F a **Follo** durante la campagna **P14 16/3** e in misura minore a Melara;
- le elevate deposizioni di PCB ad **Arcola** nelle campagne **P14 16/1**, **16/2** e **16/4**, in sincronia con quelle del Pb;
- una deposizione elevata di PCB a **Canaletto** nella campagna **P14 16/1** e, in misura minore rispetto a quella di Canaletto, a **Fossamastra** nella stessa campagna;
- una deposizione di PCB a **Fossamastra** nella campagna **P14 16/3**, paragonabile a quella della campagna **P14 16/1**.

5.4.2.1 **Confronto con valori guida di riferimento**

Per le deposizioni di PCDD/F e PCB *dl* attualmente non sono stati fissati livelli normativi nazionali o europei. In letteratura, invece, sono stati proposti valori guida di riferimento che tenessero conto dell'assunzione giornaliera tollerabile di questi composti, Uno dei primi valori guida è quello proposto da L, Van Lieshout et al. (Van Lieshout L., 2001). In base all'assunzione di una dose giornaliera tollerabile (TDI) di 1-4 pg WHO-TE/kg di peso corporeo. Tali autori hanno proposto che la deposizione media annuale di PCDD/F non debba eccedere 3,4–10 pg WHO-TE/m²/d come media annuale e 6,8-27 pg WHO-TE/m²/d come valore massimo di deposizione mensile.

In Germania, nel 1994, un gruppo di esperti ha proposto un valore guida solo per PCDD/F di 15 pg I-TE/m²/d¹⁸. Nel 2004, in base ancora a considerazione sulla TDI, tale valore guida è stato abbassato a 4 pg WHO-TEQ/m²/d¹⁹.

Nel 2007, Cornelis et al, (Cornelis C, et al., 2007) hanno proposto un valore guida per le deposizioni di PCDD/F e PCB *dl* di 8,2 pg WHO-TEQ/m²/d, come media annuale, e di 21 pg WHO-TEQ/m²/d, come deposizione massima mensile, entrambe stimate sulla base di un TDI di 2 pg WHO-TE/kg di peso corporeo. In Francia, nei piani di sorveglianza della qualità dell'aria in aree con presenza di impianti di incenerimento, sono stati proposti, per le deposizioni atmosferiche, dei valori guida di 5-15 pg I-TE/m²/d (Bodenan, F., 2011). I valori inferiori a 5 pg I-TEQ/m²/d possono essere considerati come valori di fondo urbano-industriale, mentre quelli superiori a 15 pg I-TE/m²/d potrebbero essere legati ad un contributo antropico emissivo che va approfondito con ulteriori campionamenti in punti diversi, e con lo studio del profilo dei congeneri per valutare la sorgente (vedi anche²⁰).

¹⁸ Länderausschusses für Immissionsschutz den Bericht "Immissions-werte für die Luftschadstoffe PCDD und PCDF", 1994

¹⁹ Bericht des Länd erausschusses für Immissionsschutz (LAI), Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe – Vom 21. September 2004

²⁰ Si veda G. Settimo "Evoluzione storica e normativa delle deposizioni atmosferiche e stato dell'arte nazionale", Seminario Depositioni atmosferiche, Brescia, 2014. Consultabile al sito: http://ita.arpalombardia.it/ITA/area_download/index

Attualmente, il valore guida di 4 pg WHO-TEQ/m²/d come media annuale della sommatoria delle deposizioni di PCDD/F e PCB è quello più utilizzato per valutare possibili apporti antropici in un sito.

Come sopra riportato durante le campagne del 2016, l'incendio del 23/03/16 di un edificio residenziale a Fossamastra ha influenzato maniera estemporanea le deposizioni di PCDD/F. Si può quindi valutare il rateo medio di deposizione del 2016, includendo o escludendo le deposizioni anomale di PCDD/F dovute all'incendio. Si ottiene quindi:

- media di tutte le deposizioni di PCDD/F delle campagne del 2016: 0,57 ± 0,70 I-TEQ/m²/d;
- media delle deposizioni di PCDD/F escludendo le deposizioni della campagna **P14 16/1** influenzate dalle ricadute dell'incendio: 0,37 ± 0,39 I-TEQ/m²/d.

Le due medie differiscono di poco, ma la seconda è in linea con quella degli anni precedenti (0,46 ± 0,42 pg I-TEQ/m²/d nel 2015 e 0,26 ± 0,15 pg I-TEQ/m²/d nel 2014).

Per quanto riguarda i PCB *dl*, le deposizioni di Arcola rappresentano un'accertata anomalia che non rispecchia le deposizioni che avvengono negli altri siti. Anche per i PCB *dl* si può quindi valutare la media annuale del comprensorio della Spezia includendo o meno le deposizioni anomale di Arcola, segnatamente quelle delle campagne **P14 16/1**, **16/2** e **16/4** (le deposizioni di PCB *dl* della campagna **P14 16/3** sono state molto basse, analogamente alle altre postazioni):

- media di tutte le deposizioni di PCB *dl* delle campagne del 2016: 0,40 ± 0,93 I-TEQ/m²/d;
- media delle deposizioni di PCB *dl* escludendo le deposizioni delle campagne **P14 16/1**, **16/2** e **16/4** di Arcola: 0,20 ± 0,44 I-TEQ/m²/d.

Le due medie annuali sono entrambe in linea con i ratei medi degli anni precedenti (0,48 ± 0,78 pg I-TEQ/m²/d nel 2015 e 0,33 ± 0,19 pg I-TEQ/m²/d nel 2014).

Considerando il rateo complessivo di PCDD/F e PCB *dl*, si ottiene 0,96 ± 1,12 I-TEQ/m²/d se si considerano tutte le campagne e 0,60 ± 0,70 I-TEQ/m²/d se si escludono le deposizioni anomale di PCDD/F della campagna **P14 16/1** e quelle di PCB *dl* di **Arcola**, sopra discusse.

Complessivamente, le deposizioni medie del 2016 alla Spezia sono circa ¼ del valore guida di 4 pg WHO-TEQ/m²/d e si possono escludere significativi apporti antropici, salvo i casi sopra citati.

La tabella seguente riporta una serie di intervalli di valori misurati in aree rurali, urbane e industriali tratti dalla letteratura per ottenere un confronto di tali risultati con quelli rilevati in altri siti italiani:

Sito	Min - Max	Rif
Area rurale (Mantova)	1,28-2,71	Viviano, G, et al, 2012
Area urbana/industriale con inceneritore (Mantova)	1,20-5,13	Viviano, G, et al, 2012
Area urbana/industriale con cementificio (Cuneo)	0,05-3,72	ARPA Piemonte, 2013
Siti di riferimento regionali Piemonte	Sito 1: 0,05-24,7 Sito 2: 5,36-189	ARPA Piemonte, 2013
Area industriale (P, Marghera)	15-2767	Viviano, G, et al, 2012
Area urbana con inceneritori (Regione Veneto, Adige, Po)	10-337	Viviano, G, et al, 2012
Area industriale con inceneritore (Rimini)	0,75-3,7	Viviano, G, et al, 2012
Area industriale con inceneritore (S, Nicola di Melfi)	1,47-2,33	Viviano, G, et al, 2012

Tabella 38 – Intervalli minimi e massimi di deposizione in diverse aree italiane. Valori in pg I-TEQ/m²/d.

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



I valori di deposizione rilevati alla Spezia sono in linea con i valori minimi degli intervalli misurati in un'area industriale con cementificio a Cuneo e inferiori ai valori minimi misurati in un'area industriale con inceneritore a Rimini e, fra l'altro, sono inferiori ai valori più bassi rilevati in nazioni europee, come Belgio, Germania e Regno Unito riportati nella tabella che segue ^{20, 21}:

Paese	Siti urbani	Siti rurali
Belgio	<1-12	<1-3,1
Germania	0,5-464	7-17
Regno Unito	<1-312	nv-517
Danimarca	300-31500	300-1700
Francia	100-147	20-50

Tabella 39 - Intervalli minimi e massimi di deposizione in diverse aree europee, Valori in pg I-TEQ/m²/d, Valori in pg I-TEQ/m²/d.

In sintesi, le deposizioni complessive di PCDD/F e PCB, pur includendo i casi di deposizioni anomale, sono state modeste e in un solo caso (Arcola nella **P14 16/2**) hanno superato il valore guida (4 pg WHO-TEQ/m²/d) più utilizzato per valutare possibili apporti antropici in un sito (vedi sopra), dato dalla sommatoria di PCDD/F e PCB. In pratica, solo il 2% dei singoli valori rilevati (1 caso su 37) ha superato questo valore di soglia e denota un modesto apporto antropico. Il superamento si è avuto ad Arcola nella campagna **P14 16/2** e la tossicità è data quasi esclusivamente dai PCB.

5.4.2.2 Pattern dei congeneri di PCDD/F e PCB di nelle deposizioni

L'esame dei *pattern* di PCDD/F della campagna **P14 16/1** conferma l'influenza dei fumi dell'incendio del 23/03/16 dell'edificio residenziale della zona di Fossamastra. Di seguito è mostrato il pattern di PCDD/F nella deposizione di Fossamastra **P14 16/1**:

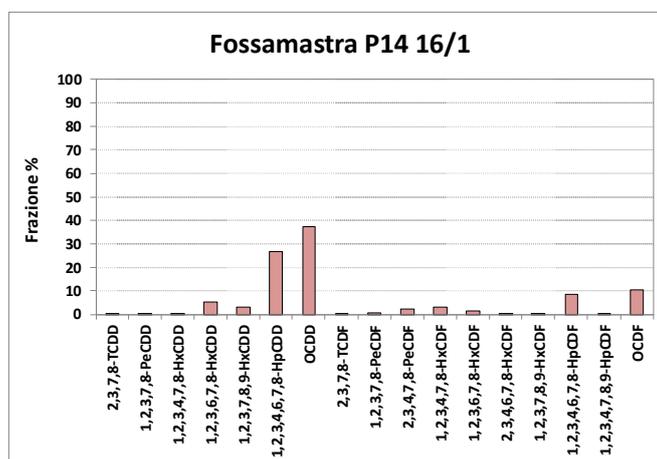


Figura 56 - Pattern delle deposizioni di PCDD/F a Fossamastra per la campagna P14 16/1

I pattern delle deposizioni di PCDD/F nelle postazioni urbane di Maggiolina e Saint Bon sono riportati di seguito:

²¹ Istituto Superiore di Sanità, Studio effettuato su commissione del Comune di Reggio Emilia: "Caratterizzazione ambientale del territorio del comune di Reggio Emilia inserita nel contesto provinciale"

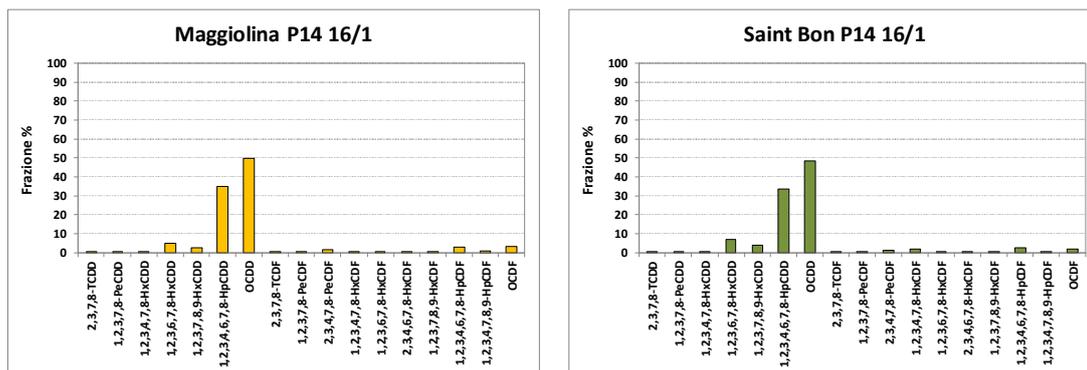


Figura 57 - Pattern delle deposizioni di PCDD/F a Maggiolina e Saint Bon per la campagna P14 16/1

Le analogie sono molto evidenti e pattern simili si riscontrano anche ad Arcola e Follo, a significare che vi sono state influenze anche in queste postazioni anche se l'entità delle deposizioni non sono state di molto differenti dalle altre campagne nella stessa postazione.

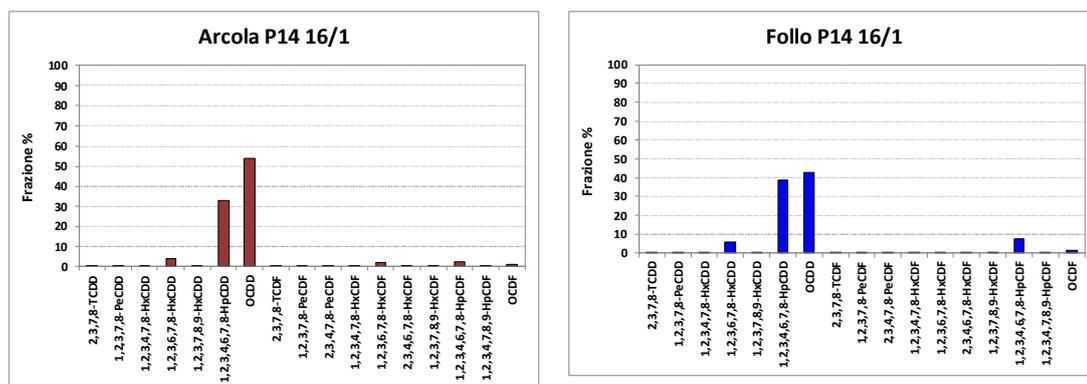


Figura 58 - Pattern delle deposizioni di PCDD/F a Arcola e Follo per la campagna P14 16/1

A Melara e Bolano, i pattern di PCDD/F risultano differenti da quelli riscontrati nelle postazioni sopra citate e potrebbero indicare una influenza dei fumi dell'incendio avvenuta in nei giorni seguenti l'evento.

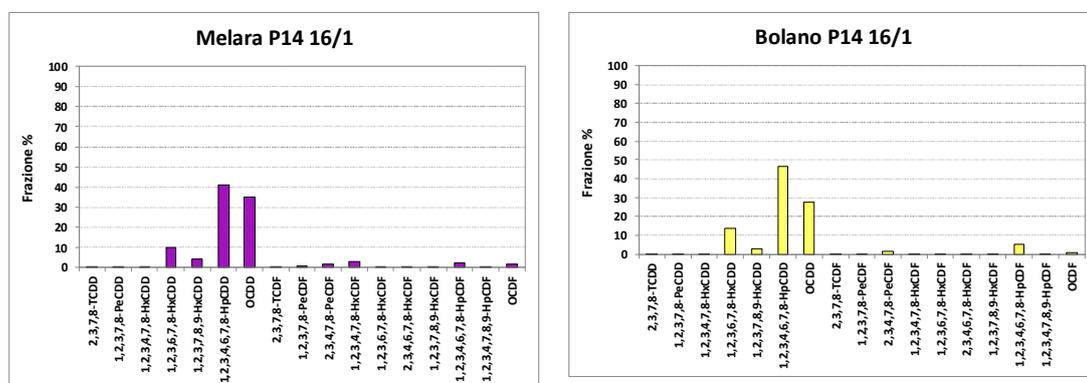


Figura 59 - Pattern delle deposizioni di PCDD/F a Melara e Bolano per la campagna P14 16/1

Nelle postazioni di Chiappa e Le Grazie, i pattern risultano differenti da quelli delle altre postazioni e, in effetti, in tali postazioni non si sono rilevate deposizioni anomale di PCDD/F:

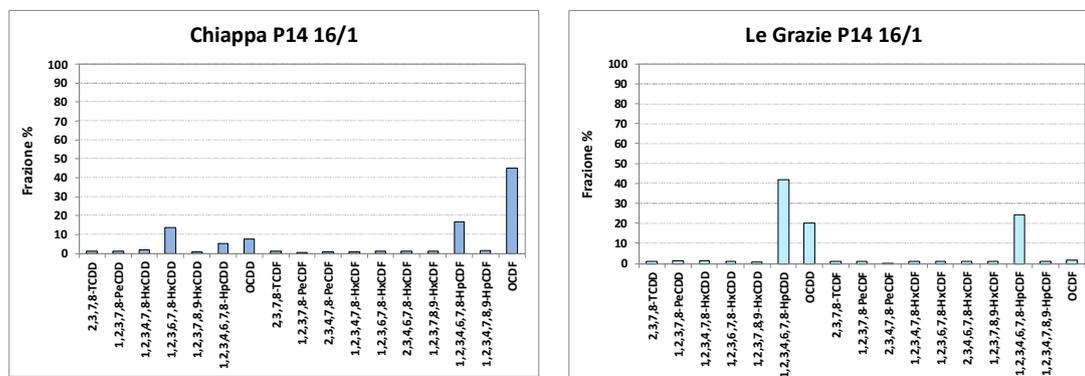


Figura 60 - Pattern delle deposizioni di PCDD/F a Chiappa e Le Grazie per la campagna P14 16/1

Nelle successive campagne, i pattern di PCDD/F ritornano ad essere quelli tipici, ove domina la presenza di OCDD, *pattern* ubiquitariamente presenti nelle deposizioni italiane e nel resto del mondo²². Alcuni esempi sono mostrati di seguito relativi alla postazione di Fossamastra:

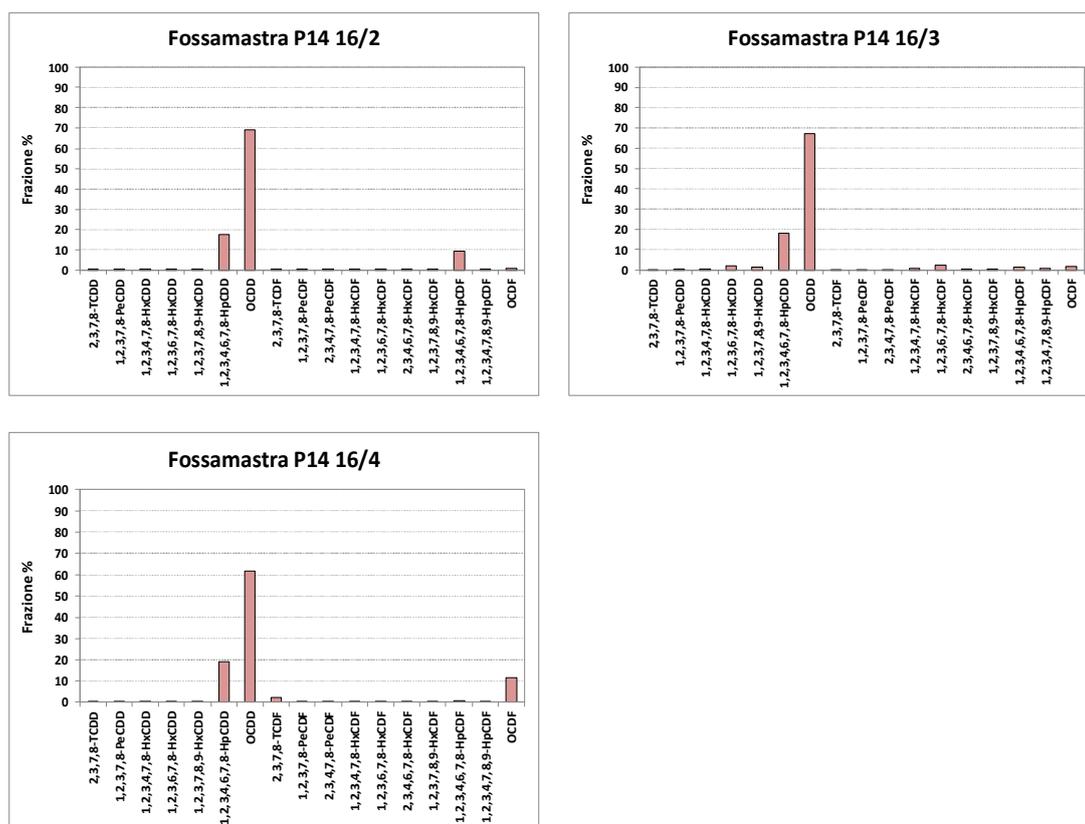


Figura 61 - Pattern delle deposizioni di PCDD/F a Fossamastra per le campagne P14 16/2, 16/3 e 16/4.

²² Per una discussione di questo pattern, si vedano i rapporti precedenti.

Pattern analoghi si rilevano anche nelle altre postazioni per le medesime campagne e anche in quelle successive.

Allo stesso modo delle PCDD/F, anche i PCB *dl* mostrano nel 2016 un *pattern* molto comune, analogo anche a quello riscontrato nel 2014 e 2015. Con minime variazioni, il tipico *pattern* è quello mostrato nella figura che segue, relativo alle deposizioni a Fossamastra nella campagna invernale **P14 16/2** ed estiva **P14 16/4**. Tali pattern sono del tutto simili, ad esempio, a quelli della campagna invernale **P14 15/2** ed estiva **P14 14/1**.

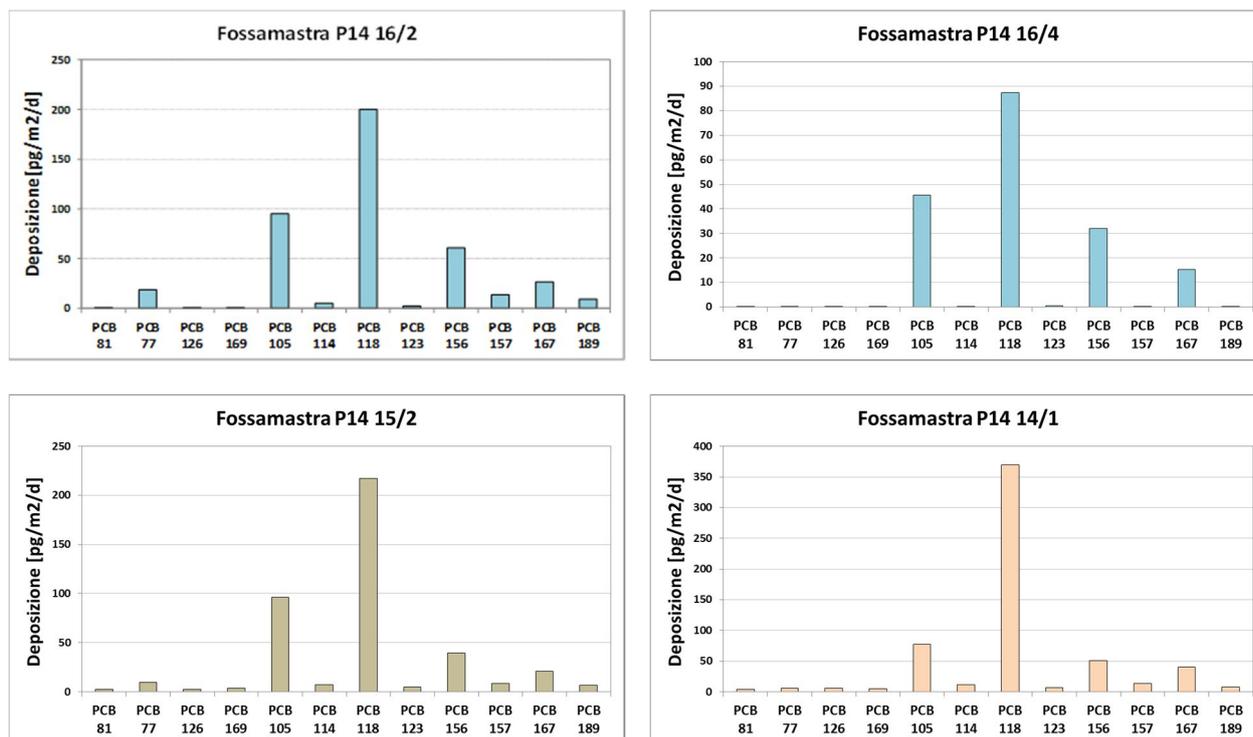


Figura 62 - *Pattern* delle deposizioni di PCB a Fossamastra nel corso di differenti campagne annuali.

Riferendosi solo ai campioni con PCB *dl* superiori al LdQ, lo stesso *pattern* si ritrova nelle deposizioni delle altre postazioni, comprese quelle in cui si sono rilevati valori anormalmente alti (Arcola, Canaletto, v. sopra).

Tale *pattern* è molto simile a quello che si riscontra in altre zone di Italia e del mondo e rappresenta il background ubiquitario dei PCB in atmosfera, come ampiamente illustrato nel precedente rapporto, cui si rimanda.

5.5 Specie ioniche nelle deposizioni di polveri

Nel protocollo analitico è stato previsto di determinare anche alcune specie ioniche utilizzando i campioni raccolti dai deposimetri per specie inorganiche. Trattandosi di deposimetri del tipo "bulk", le specie ioniche sono la somma di quelle presenti nelle deposizioni umide (piogge) e nelle deposizioni secche di polveri sedimentabili. I risultati delle determinazioni sono riportati nella tabella seguente, in termini di ratei di deposizione, espressi in mg/m²/d:

Postazione	Campagna	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nssSO ₄ ²⁻
Bolano	P14 16/1	5,68	13,00	1,31	2,58	2,12	20,25	8,29	6,34	3,51
Bolano	P14 16/2	4,72	4,55	0,70	1,05	1,19	5,30	3,12	2,39	1,65
Bolano	P14 16/3	5,37	1,35	0,82	4,78	1,36	2,77	1,79	1,83	1,44
Bolano	P14 16/4	3,94	1,42	0,31	0,47	0,67	3,22	2,51	1,92	1,48
Follo	P14 16/1	2,54	8,61	0,72	0,48	1,54	13,71	6,59	5,50	3,58
Follo	P14 16/2	4,71	4,09	0,55	1,24	1,95	7,19	3,46	2,88	1,88
Follo	P14 16/3	2,51	1,42	0,20	0,18	0,15	2,54	2,14	1,30	0,95
Follo	P14 16/4	2,25	1,80	0,29	0,25	0,01	2,99	3,18	1,68	1,26
Arcola	P14 16/1	4,47	11,43	1,19	2,24	2,00	19,04	8,35	6,38	3,72
Arcola	P14 16/2	5,66	5,40	0,84	1,44	1,97	10,23	5,00	4,50	3,07
Arcola	P14 16/3	1,05	0,75	0,13	0,23	0,07	1,18	1,27	0,73	0,57
Arcola	P14 16/4	2,90	2,36	0,36	0,21	1,01	3,40	5,30	3,03	2,56
Le Grazie	P14 16/1	3,38	11,32	1,08	0,66	1,80	17,80	6,05	5,81	3,32
Le Grazie	P14 16/2	5,15	7,33	0,97	0,86	1,03	14,62	6,42	4,90	2,86
Le Grazie	P14 16/3	0,41	0,44	0,05	0,08	0,00	0,64	0,39	0,23	0,14
Le Grazie	P14 16/4	0,54	0,25	0,04	0,04	0,00	0,51	0,53	0,24	0,17
Chiappa	P14 16/1	3,56	8,79	0,84	0,76	4,02	13,90	12,47	6,69	4,75
Chiappa	P14 16/2	4,72	4,05	0,63	1,21	1,54	9,90	7,70	4,52	3,14
Chiappa	P14 16/3	1,04	0,80	0,13	0,30	0,20	1,09	0,95	0,66	0,51
Chiappa	P14 16/4	2,03	2,59	0,42	2,19	12,26	3,92	3,37	5,02	4,47
Maggiolina	P14 16/1	5,08	9,80	1,05	0,54	1,46	15,01	6,83	5,83	3,73
Maggiolina	P14 16/2	6,99	5,83	0,86	1,02	0,99	14,97	5,09	4,88	2,79
Maggiolina	P14 16/3	0,28	0,38	0,07	0,58	0,00	0,48	0,39	0,27	0,21
Maggiolina	P14 16/4	3,59	3,09	0,46	0,46	1,56	4,43	7,13	4,78	4,16
Piazza Saint Bon	P14 16/1	7,19	10,79	1,44	0,89	2,44	16,22	7,93	7,14	4,87
Piazza Saint Bon	P14 16/2	7,30	5,49	0,88	0,79	1,17	11,18	4,58	3,50	1,94
Piazza Saint Bon	P14 16/3	0,86	0,72	0,11	0,16	0,00	1,09	0,88	0,58	0,42
Piazza Saint Bon	P14 16/4	7,62	2,98	0,88	1,53	1,41	6,95	6,05	4,28	3,31
Fossamastra - Alto	P14 16/1	9,44	8,51	1,38	0,49	1,66	13,25	7,79	5,98	4,13
Fossamastra - Alto	P14 16/2	7,83	6,49	1,05	0,74	1,05	8,93	5,31	4,32	3,07
Fossamastra - Alto	P14 16/3	1,14	1,43	0,17	0,13	0,06	2,14	1,74	0,94	0,65
Fossamastra - Alto	P14 16/4	4,45	2,81	0,59	0,20	1,04	4,03	5,90	3,35	2,79
Fossamastra - Basso	P14 16/1	9,44	8,51	1,38	0,49	1,66	13,25	7,79	5,98	4,13
Fossamastra - Basso	P14 16/2	7,83	6,49	1,05	0,74	1,05	8,93	5,31	4,32	3,07
Fossamastra - Basso	P14 16/3	1,14	1,43	0,17	0,13	0,06	2,14	1,74	0,94	0,65
Fossamastra - Basso	P14 16/4	4,45	2,81	0,59	0,20	1,04	4,03	5,90	3,35	2,79
Canaletto	P14 16/1	12,55	10,81	1,71	1,73	1,54	13,93	10,84	6,36	4,41
Melara	P14 16/1	5,58	10,25	1,04	0,99	2,70	16,31	9,57	6,48	4,20
Melara	P14 16/2	4,94	4,80	0,75	0,79	0,87	7,23	6,48	3,48	2,47
Melara	P14 16/3	0,81	0,86	0,11	0,12	0,05	1,14	1,26	0,87	0,71
Melara	P14 16/4	6,91	3,81	1,54	1,07	1,06	5,29	8,17	6,27	5,53

Tabella 40 - Ratei di deposizione di specie ioniche nelle campagne di monitoraggio 2016

Le specie ioniche maggiormente rilevate nella fase acquosa dei deposimetri sono Na⁺ e Cl⁻, di origine marina. Nella figura seguente è mostrata la correlazione tra queste due specie ioniche:

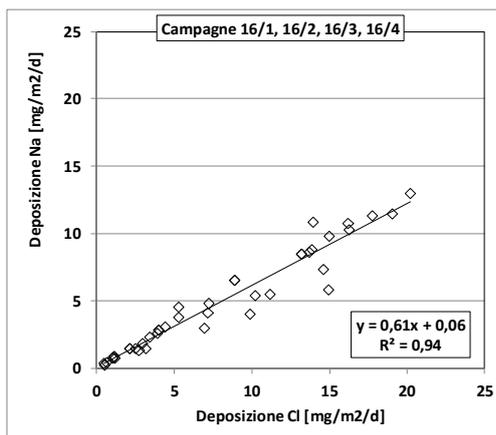


Figura 63 – Studio di correlazione tra Na⁺ e Cl⁻ rilevate in tutte le postazioni.

Dal grafico presente in Figura 63, si può notare che il coefficiente angolare della retta di correlazione (0,61) è molto vicino al rapporto teorico Na⁺/Cl⁻ tipico della composizione dell'acqua di mare (0,56).

Nella figura che segue sono mostrate le deposizioni di Na⁺ e Cl⁻ nelle quattro campagne. Il nome delle postazioni è abbreviato con la codifica riportata in Tabella 21:

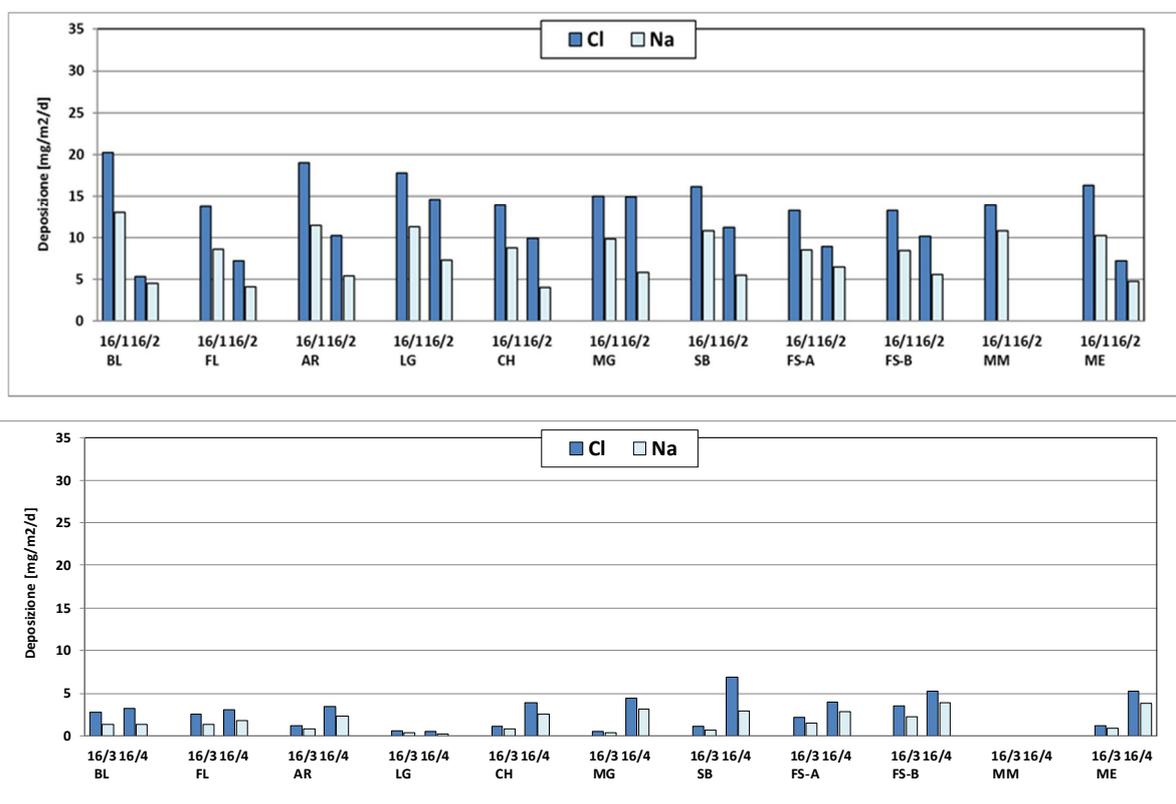


Figura 64 - Deposizioni di cloro e sodio nelle campagne di monitoraggio nelle due campagne invernali (in alto) e nelle due campagne estive (in basso).

Dalla figura si evince che le maggiori deposizioni di NaCl, e quindi di aerosol marino, sono avvenute durante la campagna invernale **P14 16/1**, che è anche risultata essere la più piovosa, e ha quindi risentito maggiormente dell'influenza del mare; inoltre, nel

periodo estivo si ha una diminuzione di aerosol marino in quanto si verifica una deplezione dei cloruri [Cuccia et al., 2014], che risultano così inferiori rispetto al periodo più freddo. Tale andamento temporale è comune in tutte le postazioni.

Per via della presenza di aerosol marino, è stata calcolato il solfato non marino ($nssSO_4^{23}$) riportato nell'ultima colonna della Tabella 40. I componenti principali del solfato totale, infatti, sono il solfato marino ($ssSO_4^{2-}$), che è la quantità di solfato presente nelle particelle di aerosol marino e il solfato non marino che ha tre contributi: antropogenico, biogenico e crostale [Bove et al., 2015]. I solfati di origine marina sono stati calcolati attraverso una relazione, che tiene conto dei rapporti relativi tra sodio e solfati nell'acqua di mare²⁴:

$$[ssSO_4^{2-}] = 0,246 [Na^+]$$

I solfati non marini, sono stati ottenuti mediante sottrazione:

$$[nssSO_4^{2-}] = [totSO_4^{2-}] - [ssSO_4^{2-}]$$

La componente secondaria dell'aerosol, in genere, è costituita da solfato di ammonio e nitrato di ammonio che si formano a seguito di reazioni che avvengono in atmosfera a partire dai precursori gassosi NO_x e SO_2 . Nella figura che segue, sono mostrate le deposizioni di nitrati (NO_3^-) e solfati non marini ($nssSO_4^{2-}$) nelle campagne di monitoraggio:

²³ nssSO4: non sea sulphate

²⁴ Nell'acqua di mare sono contenuti circa: 19'000 mg/kg di cloruri, 11'000 di sodio, 2'700 di solfati, 1'300 di magnesio e 400 di calcio.

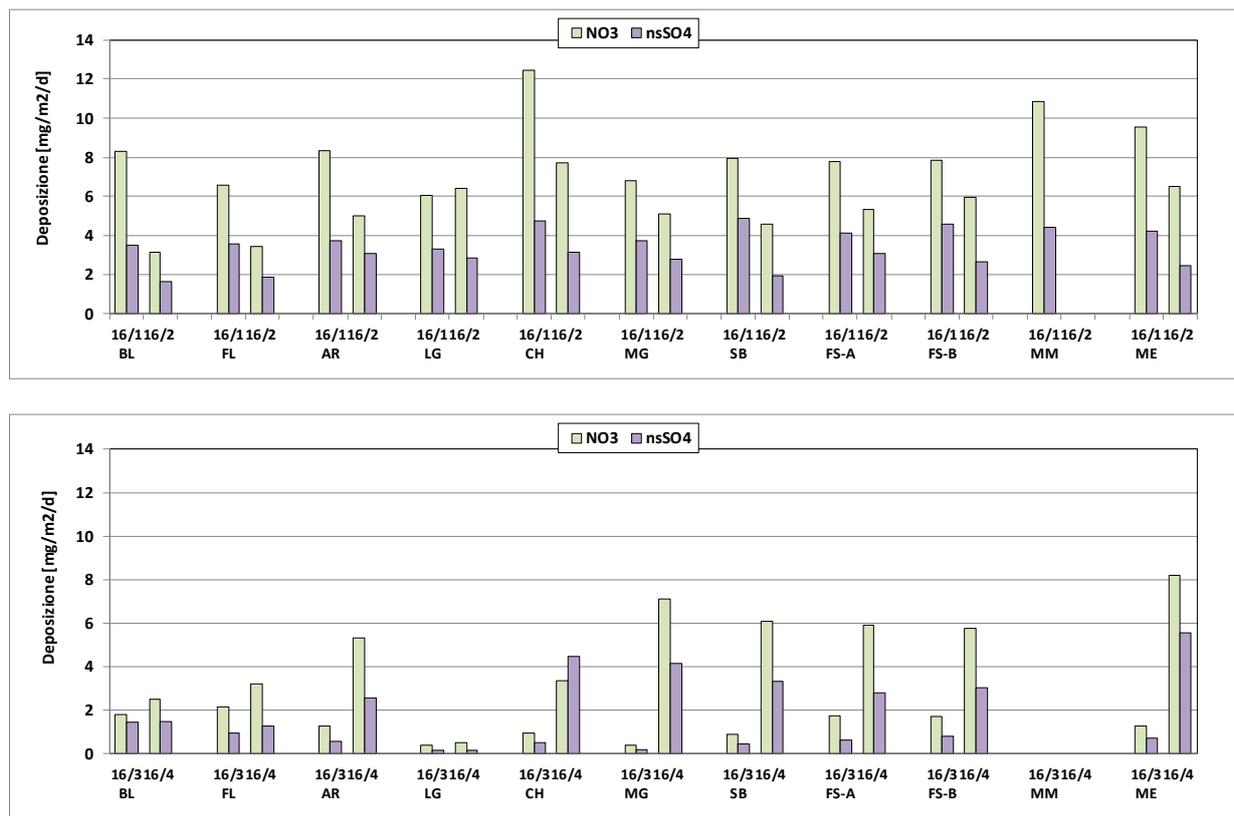


Figura 65 - Deposizioni di nitrati e solfati non marini (nsSO₄) nelle campagne invernali (in alto) e estive (in basso) di monitoraggio.

Come si evince dalle figure sopra riportate, in tutte le campagne, le deposizioni di NO₃ sono risultate maggiori di quelle dei SO₄²⁻, confermando una maggiore influenza delle emissioni di NO_x, soprattutto nel periodo invernale.

Il rateo medio di deposizione di NO₃⁻ e, in talune postazioni anche di SO₄²⁻, è risultato, infatti, inferiore nelle campagne estive rispetto a quelle invernali. Tale differenza si apprezza maggiormente nella campagna **P14 16/3**, caratterizzata dall'assenza di precipitazione. Si deve quindi ritenere che le deposizioni secche di nitrati e solfati non marini siano modeste e, anche in questo caso, le deposizioni di specie ioniche dipendono dalla entità delle precipitazioni, come visto in precedenza per gli IPA, attraverso meccanismi di trasporto a terra dominati da processi di *wash-out* e *rain-out*.

5.6 Analisi dati rilevati dalla postazione fissa MELARA annuale

I risultati modellistici previsti dalla prescrizione 15 hanno individuato la zona di massima ricaduta delle emissioni CTE presso l'abitato di Melara. Pertanto ARPAL, insieme agli altri Enti interessati, ha effettuato una modifica del protocollo di attuazione, prevedendo una postazione integrativa presso la scuola Acchiappasogni di Melara in cui la raccolta delle deposizioni è stata effettuata anche nei periodi non coperti dalle campagne periodiche. Sono stati rilevati solo i parametri inorganici in quanto caratteristici delle emissioni della centrale.

5.6.1 Rateo di deposizione di polveri

In Tabella 41 sono riportate i ratei di deposizione della postazione fissa di Melara per le campagne aggiuntive (evidenziate in grassetto) assieme alle campagne descritte in precedenza facenti parte della P14. Nei periodi interessati dal monitoraggio nelle campagne aggiuntive, la centrale ha avuto i periodi di arresto e le percentuali di esercizio riportati in tabella.

Sigla	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Rateo deposizione insolubile [mg/m ² /d]	Precipitazione raccolta [mm]	Fermo esercizio CTE (% di esercizio)
P14 16/1	26/2/16 16.50	30/3/16 11.45	33	33	127	27/03 (97%)
P14 16/2	30/3/16 10.45	27/4/16 14.50	28	52	74	14-20/4 (79%)
P14 16/A	27/4/16 14.50	30/5/16 10.00	33	75	62	13-16/5;21-23/5 (85%)
P14 16/B	30/5/16 10.00	28/6/16 08.30	29	22	161	4-7/6; 11-13/6 (82%)
P14 16/3	28/6/16 8.30	28/7/16 8.16	30	28	0	(0%)
P14 16/4	28/7/16 8.16	01/9/16 8.16	35	57	112	31/7-6/8; 12/8-1/9 (16%)
P14 16/C	01/9/16 08.16	28/9/16 10.45	27	20	67	1-5/9 (86%)
P14 16/D	28/9/16 10.45	28/10/16 10.45	30	91	86	8-11/10; 14-19/10 (74%)
P14 16/E	28/10/16 10.45	01/12/16 16.00	34	31	138	20/11 (99%)

Tabella 41 – Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili e entità precipitazioni a Melara.

I ratei di deposizione delle polveri insolubili misurati nelle campagne di monitoraggio a Melara, sono riportati nella figura seguente riferite all'intero anno. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della **P14 16** mentre quelli in rosso alle campagne aggiuntive. E' stata inclusa anche la precipitazione cumulata, in mm, con asse secondario invertito:

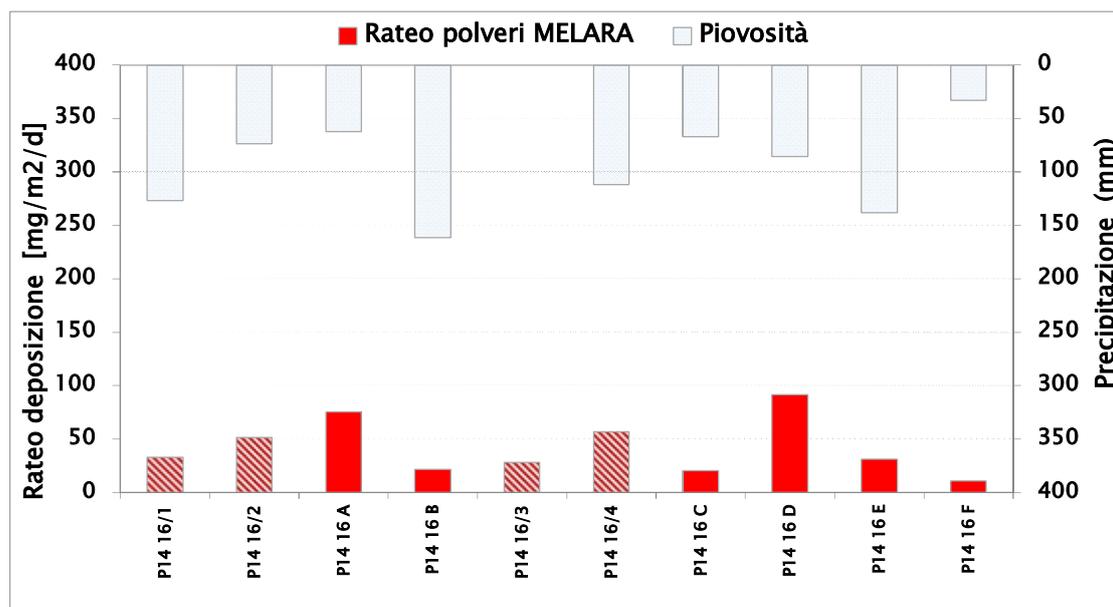


Figura 66 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili e precipitazione cumulata in mm nel corso dell'anno.

La figura evidenzia ratei di deposizione abbastanza omogenei nel corso dell'anno con una variabilità indipendente dalla precipitazione cumulata sia per le campagne aggiuntive che per quelle previste dalla prescrizione 14.

5.6.2 Contenuto di metalli e specie ioniche

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione dei metalli determinati a Melara nel corso dell'anno in accordo con quanto previsto dalla prescrizione 14. I ratei di deposizione sono espressi tutti in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$:

Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
16/1	0.35	0.061	0.010	0.009	4.24	3.63	6.70	10.10	33.21	2.97
16/2	0.30	0.059	0.016	0.008	15.28	3.37	5.48	16.72	27.23	2.98
16/A	0.41	1.392	0.009	0.022	23.86	2.48	6.12	14.73	29.41	4.53
16/B	0.18	0.195	0.010	0.050	4.42	0.91	8.19	10.48	5.09	1.37
16/3	0.23	0.020	0.036	0.007	14.29	2.30	2.35	10.68	18.50	1.98
16/4	0.32	0.037	0.004	0.037	22.53	3.53	24.81	23.65	28.21	4.02
16/C	0.03	0.058	0.005	0.027	4.10	0.99	6.92	7.37	5.20	0.98
16/D	0.33	0.074	0.005	0.024	10.46	2.87	9.71	15.59	33.46	4.93
16/E	0.05	0.137	0.013	0.021	8.57	1.11	3.58	5.87	5.97	1.78

Tabella 42 - Ratei di deposizione in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ di metalli nelle campagne di monitoraggio 2016.

Nella tabella seguente sono riassunti invece le concentrazioni dei metalli a Melara nel corso dell'anno, espressi in $\mu\text{g}/\text{g}$. Da esse si possono valutare la relativa costanza del contenuto in metalli nelle polveri, tenuto conto della variabilità delle deposizioni:

Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
16/1	10.52	1.85	0.29	0.28	128.89	110.29	203.52	306.82	1008.49	90.24
16/2	5.79	1.14	0.32	0.16	296.30	65.42	106.22	324.09	527.85	57.68
16/A	5.51	18.49	0.12	0.29	317.00	32.98	81.35	195.60	390.74	60.23
16/B	8.27	8.91	0.45	2.27	291.91	41.55	373.73	478.18	232.09	62.64
16/3	8.16	0.71	1.29	0.26	507.81	81.84	83.47	379.32	657.17	70.51
16/4	5.63	0.65	0.07	0.64	396.65	62.14	436.90	416.38	496.72	70.85
16/C	1.32	2.84	0.26	1.32	201.47	48.68	340.21	362.47	255.89	48.00
16/D	3.59	0.81	0.05	0.26	114.39	31.42	106.15	170.44	365.77	53.87
16/E	1.43	4.35	0.41	0.68	272.68	35.22	113.81	186.76	189.95	56.70

Tabella 43 - Ratei di deposizione in $\mu\text{g/g}$ di metalli nelle campagne di monitoraggio 2016.

Le figure che seguono riportano per Melara l'andamento delle concentrazioni di metalli, in $\mu\text{g/g}$, presenti in tabella, nelle polveri depositate nell'anno. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della P14 2016:

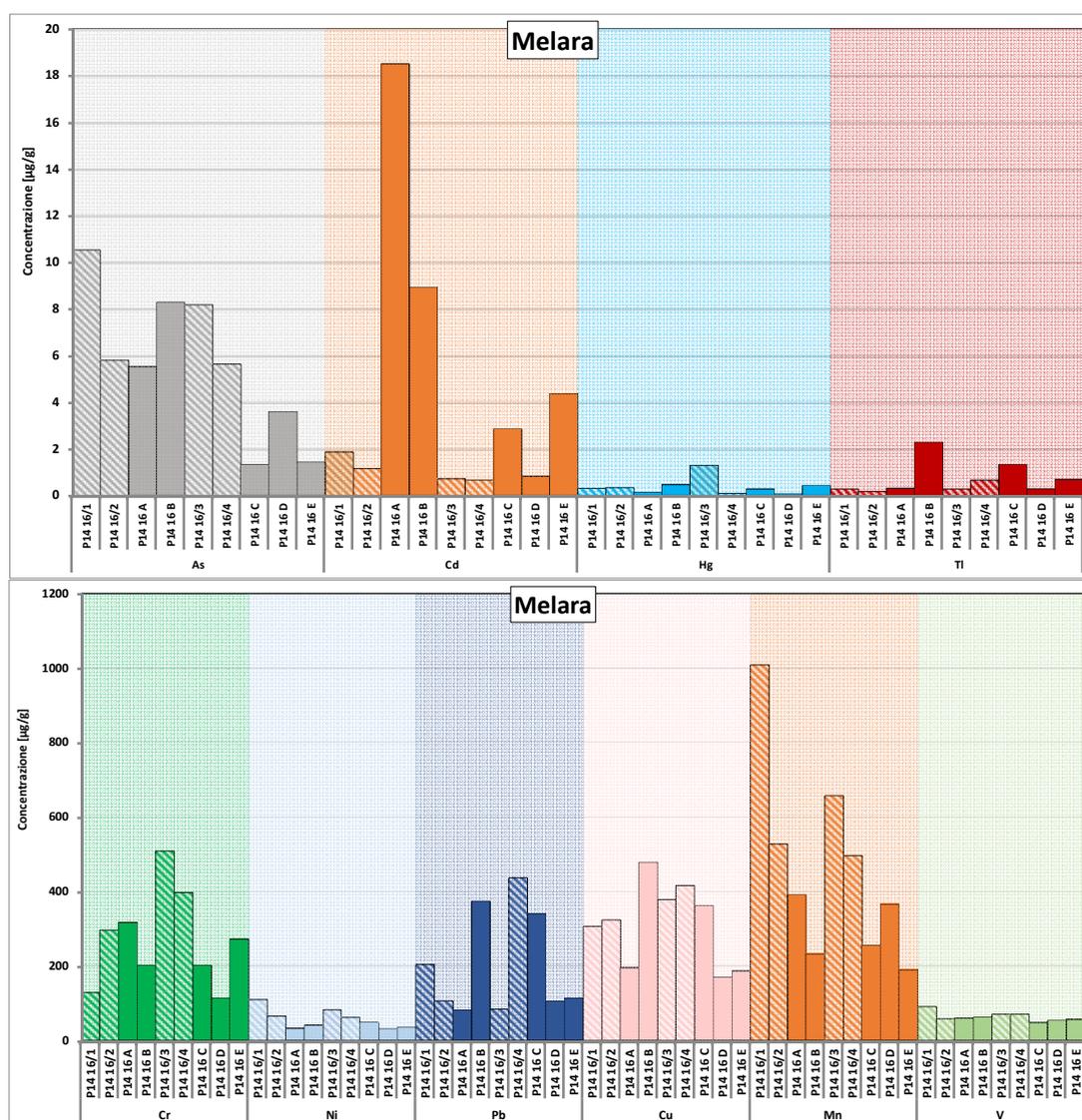


Figura 67 – Concentrazioni dei metalli a Melara nel corso dell'anno.

I grafici evidenziano che le concentrazioni dei metalli sono risultate piuttosto omogenee nel corso delle campagne per Hg, Tl, Ni, Cu, V mentre abbastanza variabili per As, Cd,

Cr, Pb e Mn. Il Cd presenta un picco di concentrazione nella **P14 16/A** di causa non identificata mentre l'As, in genere abbastanza costante, presenta una concentrazione massima nella campagna invernale **P14 16/1** durante la quale si è sviluppato l'incendio a Fossamastra che potrebbe aver influenzato la deposizione.

Nella tabella seguente invece sono riassunti i ratei di deposizione delle specie ioniche determinate a Melara nel corso dell'anno in accordo con quanto previsto dal protocollo analitico della prescrizione 14. I ratei di deposizione sono espressi tutti in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$:

Campagna	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nssSO ₄ ²⁻
P14 16/1	5.58	10.25	1.04	0.99	2.70	16.31	9.57	6.48	4.20
P14 16/2	4.94	4.80	0.75	0.79	0.87	7.23	6.48	3.48	2.47
P14 16/A	8.21	4.92	0.57	0.06	0.27	9.15	5.75	6.19	4.98
P14 16/B	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
P14 16/3	0.81	0.86	0.11	0.12	0.05	1.14	1.26	0.87	0.71
P14 16/4	6.91	3.81	1.54	1.07	1.06	5.29	8.17	6.27	5.53
P14 16/C	3.87	2.62	0.55	0.20	0.34	5.24	3.95	3.17	2.52
P14 16/D	15.75	6.60	1.59	1.03	1.64	11.22	10.37	9.30	7.67
P14 16/E	5.43	8.11	1.59	0.99	1.26	14.20	7.51	6.19	4.20

Tabella 44 - Ratei di deposizione in $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ di ioni nelle campagne di monitoraggio 2016.

I valori riportati in tabella evidenziano alti ratei di deposizione di sali marini (sodio e cloruri) e anche di specie ioniche probabilmente associate a risollevarimento crostale (Ca). Per quanto riguarda nitrati e solfati, specie ioniche correlate a aerosol derivanti dalle emissioni antropogeniche, le maggiori deposizioni di nitrati solfati antropogenici si sono avute durante la campagna autunnale **P14 16/D**, caratterizzata anche dal più alto rateo di polveri insolubili.

6. ANDAMENTO E CARATTERIZZAZIONE DEL PM10

Il monitoraggio aggiuntivo del PM10 nell'area della Spezia è stato condotto nelle postazioni di Le Grazie, Chiappa e Follo, dove sono stati determinati, mediante misure gravimetriche, i valori medi giornalieri di PM10. I campionamenti giornalieri di PM10 sono stati effettuati a partire da mezzanotte fino alla mezzanotte del giorno successivo per circa un mese per ogni campagna della **P14**.

Di seguito sono riportati graficamente gli andamenti temporali del PM10 nelle tre postazioni. I periodi evidenziati in rosso chiaro sono quelli in cui le misure gravimetriche sono state eseguite da ARPAL. Negli altri periodi le misure gravimetriche sono state eseguite da CESI. I dati numerici di concentrazione sono riportati in Appendice 5:

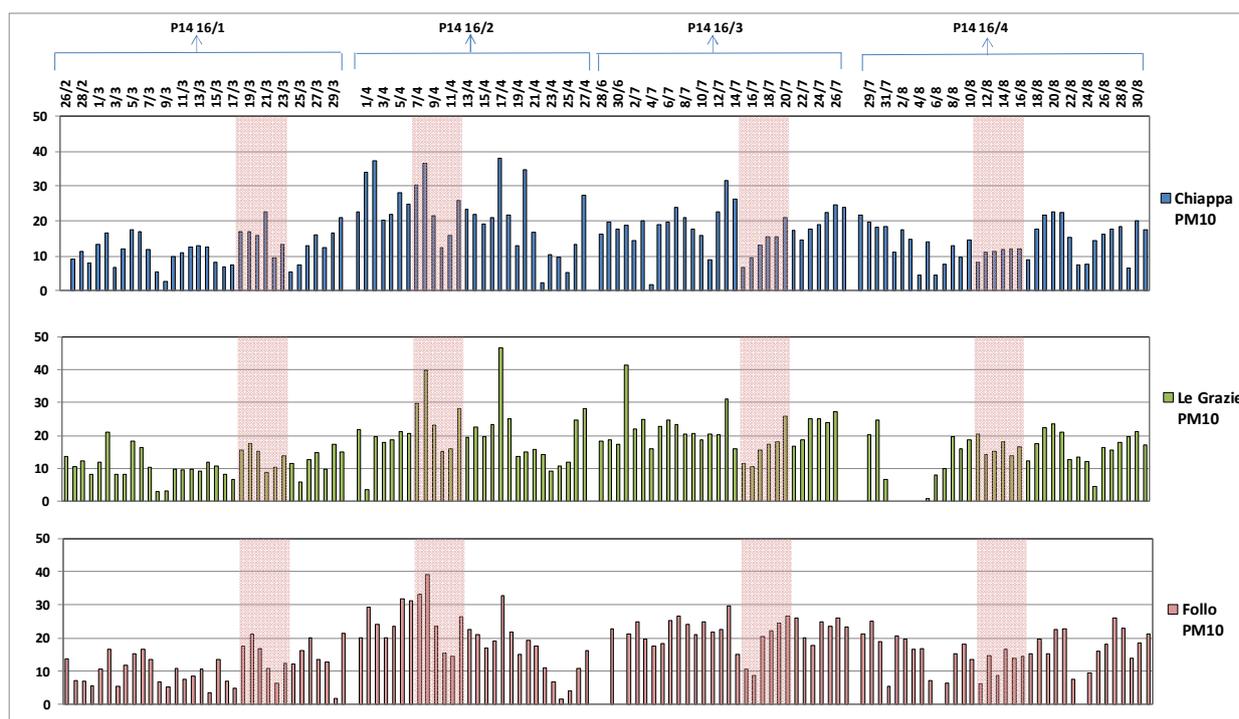


Figura 68 – Andamento del PM10 nelle postazioni di Chiappa, Le Grazie e Follo nel 2016. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i principali parametri statistici che sintetizzano i dati di PM10 misurati in ciascuna postazione nel corso delle quattro campagne del 2016:

Campagna P14 16/1			
Postazione	Chiappa	Le Grazie	Follo
Data inizio	26-feb-16	26-feb-16	26-feb-16
Data fine	30-mar-16	30-mar-16	30-mar-16
n°valori giornalieri previsti	34	34	34
n°valori giornalieri sperimentali	33	34	34
% valori giornalieri sperimentali	97%	100%	100%
Superamenti 50 µg/m ³ nel periodo	0	0	0
Media nel periodo [µg/m³]	12,2	11,4	11,3
Dev.Stand	4,7	4,1	5,2
Minimo [µg/m ³]	2,8	3,0	1,8
Massimo [µg/m ³]	22,6	20,9	21,6
Mediana (50° percentile)	12,3	10,7	11,4
25° percentile	8,1	8,9	7,1
50° percentile	12,3	10,7	11,4
75° percentile	16,2	14,4	14,9
95° percentile	19,0	17,8	20,4

Tabella 45 – Sintesi dei dati di PM10 a Chiappa, Le Grazie e Follo durante la campagna P14 16/1.

Campagna P14 16/2			
Postazione	Chiappa	Le Grazie	Follo
Data inizio	31-mar-16	31-mar-16	31-mar-16
Data fine	27-apr-16	27-apr-16	27-apr-16
n°valori giornalieri previsti	28	28	28
n°valori giornalieri sperimentali	28	28	28
% valori giornalieri sperimentali	100%	100%	100%
Superamenti 50 µg/m ³ nel periodo	0	0	0
Media nel periodo [µg/m³]	21,8	20,6	20,3
Dev.Stand	9,5	8,8	9,0
Minimo [µg/m ³]	2,3	3,6	1,6
Massimo [µg/m ³]	38,0	46,6	39,1
Mediana (50° percentile)	21,9	19,7	20,2
25° percentile	15,1	15,2	15,4
50° percentile	21,9	19,7	20,2
75° percentile	27,5	23,8	24,7
95° percentile	36,9	36,3	33,0

Tabella 46 – Sintesi dei dati di PM10 a Chiappa, Le Grazie e Follo durante la campagna P14 16/2.

Campagna P14 16/3			
Postazione	Chiappa	Le Grazie	Follo
Data inizio	28-giu-16	28-giu-16	28-giu-16
Data fine	27-lug-16	27-lug-16	27-lug-16
n°valori giornalieri previsti	30	30	30
n°valori giornalieri sperimentali	30	29	28
% valori giornalieri sperimentali	100%	97%	93%
Superamenti 50 µg/m ³ nel periodo	0	0	0
Media nel periodo [µg/m³]	17,9	21,1	21,8
Dev.Stand	6,0	6,1	4,7
Minimo [µg/m ³]	1,8	10,4	8,8
Massimo [µg/m ³]	31,5	41,4	29,8
Mediana (50° percentile)	18,3	20,4	22,6
25° percentile	15,5	17,3	20,1
50° percentile	18,3	20,4	22,6
75° percentile	21,1	24,7	24,9
95° percentile	25,6	29,7	26,7

Tabella 47 – Sintesi dei dati di PM10 a Chiappa, Le Grazie e Follo durante la campagna P14 16/3.

Campagna P14 16/4			
Postazione	Chiappa	Le Grazie	Follo
Data inizio	28-lug-16	28-lug-16	28-lug-16
Data fine	31-ago-16	31-ago-16	31-ago-16
n° valori giornalieri previsti	35	35	35
n° valori giornalieri sperimentali	35	30	33
% valori giornalieri sperimentali	100%	86%	94%
Superamenti 50 µg/m ³ nel periodo	0	0	0
Media nel periodo [µg/m³]	14,1	15,7	16,1
Dev. Stand	5,2	5,6	5,6
Minimo [µg/m ³]	4,5	0,9	5,5
Massimo [µg/m ³]	22,8	24,5	26,1
Mediana (50° percentile)	14,3	16,4	16,5
25° percentile	10,5	12,8	13,9
50° percentile	14,3	16,4	16,5
75° percentile	18,1	19,7	19,8
95° percentile	21,9	23,0	23,9

Tabella 48 – Sintesi dei dati di PM10 a Chiappa, Le Grazie e Follo durante la campagna P14 16/4.

La copertura dei dati giornalieri nel periodo delle quattro campagne è risultata molto buona, rimanendo compresa tra il 93 e il 100 % dei giorni di misura. Nella tabella che segue sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard di PM10 a Chiappa, Le Grazie e Follo distinti per le quattro campagne di monitoraggio:

Campagne	Chiappa	Le Grazie	Follo
P14 16/1 (26/02 - 30/03/16)	12,2 \pm 4,7	11,4 \pm 4,1	11,3 \pm 5,2
P14 16/2 (31/03 - 27/04/16)	21,8 \pm 9,5	20,6 \pm 8,8	20,3 \pm 9,0
P14 16/3 (28/06 - 27/07/16)	17,9 \pm 6,0	21,1 \pm 6,1	21,8 \pm 4,7
P14 16/4 (28/07 - 01/09/16)	14,1 \pm 5,2	15,7 \pm 5,6	16,1 \pm 5,6

Tabella 49 - Confronto tra i valori medi ± 1 deviazione standard di PM10 nelle campagne del 2016. Valori in µg/m³.

Nella campagna invernale (**P14 16/1**), le concentrazioni giornaliere di PM10 sono rimaste comprese tra 2 e 23 µg/m³ in tutte le postazioni con valori medi del periodo compresi tra 11 e 12 µg/m³. Nella campagna primaverile (**P14 16/2**), le concentrazioni giornaliere di PM10 sono rimaste comprese tra 2 e 47 µg/m³, con valori medi del periodo compresi tra 20 e 22 µg/m³.

Le due campagne estive (**P14 16/3** e **16/4**) sono risultate abbastanza differenti come concentrazione di PM10, con i valori più elevati rilevati nella prima delle due, in cui non vi sono state precipitazioni. Infatti, durante la campagna **P14 16/3** le concentrazioni giornaliere di PM10 sono rimaste comprese tra 2 e 41 µg/m³ e tra 1 e 26 µg/m³ nella successiva campagna per avere valori medi del periodo, rispettivamente compresi tra 18-22 µg/m³ e 14-16 µg/m³.

Nelle tre postazioni non si sono mai avuti superamenti del valore limite giornaliero (50 µg/m³) e la concentrazione media del PM10 è risultata complessivamente contenuta con i valori maggiori rilevati nella seconda campagna invernale e nella prima estiva (**P14 16/3**), con valori equivalenti ad eccezione della postazione di Chiappa.

Nelle figure che seguono, sono riportate gli andamenti temporali del PM10 a Chiappa, Le Grazie e Follo nelle quattro campagne di monitoraggio, confrontati con quelli delle postazioni urbane di Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina, facenti parte della RQA

della Spezia, in cui ARPAL esegue regolarmente i monitoraggi. Nelle figure sono riportate anche le precipitazioni verificatisi nel corso di ciascuna campagna.

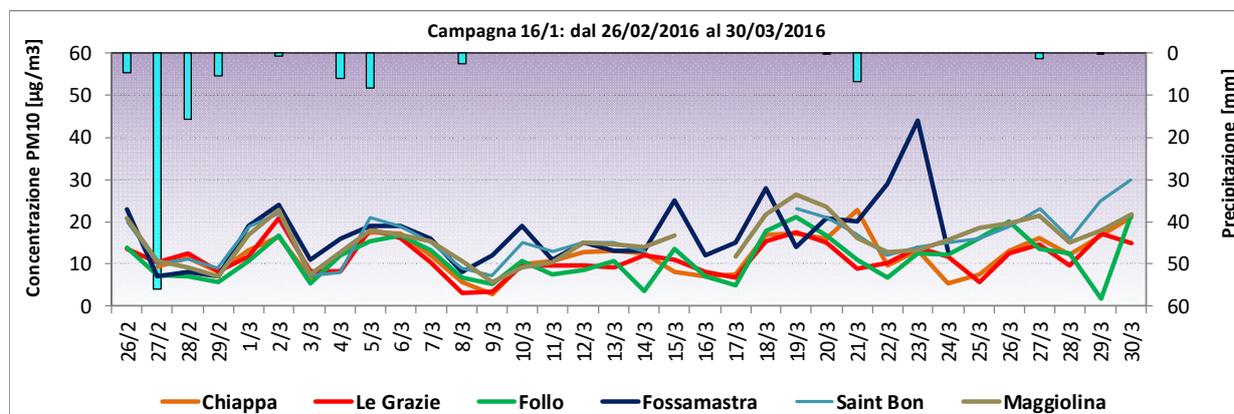


Figura 69 - Andamento temporale del PM10 a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 16/1. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

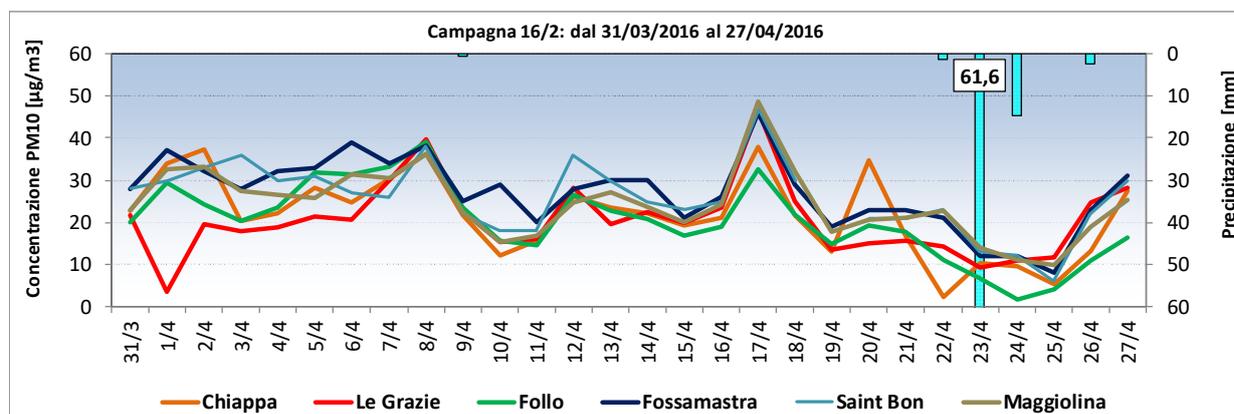


Figura 70 - Andamento temporale del PM10 a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 16/2. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

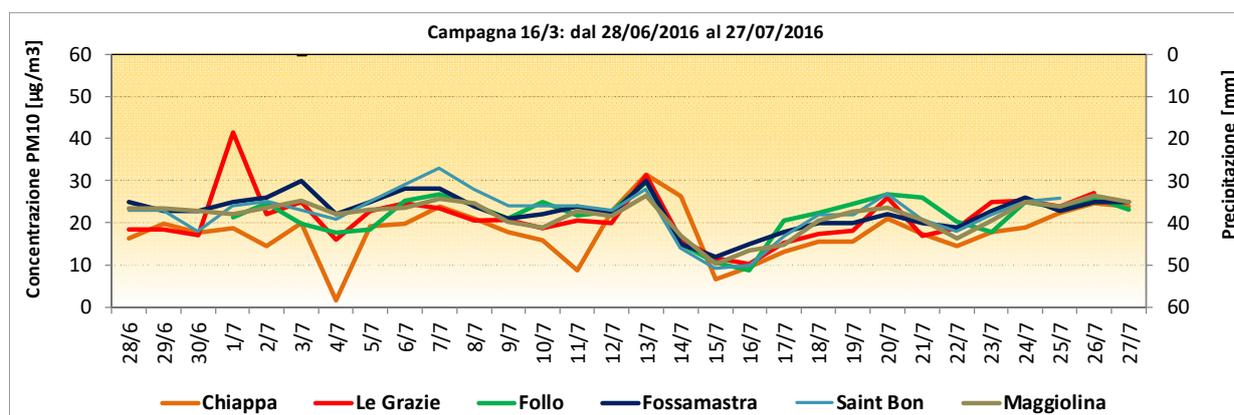


Figura 71 - Andamento temporale del PM10 a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 16/3. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

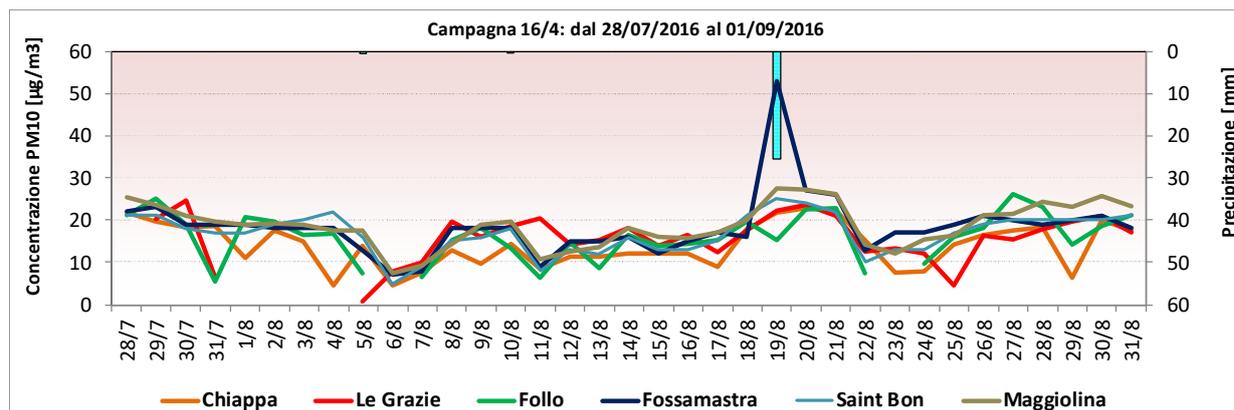


Figura 72 - Andamento temporale del PM10 a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 16/4. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

I grafici mettono in evidenza le influenze sul PM10 dovute agli eventi locali, descritti nel cap. 2:

- **P14 16/1:** il rialzo di concentrazione del PM10 a Fossamastra il 23/03 in conseguenza dell'incendio di un edificio civile e di attività legate ad un cantiere edile in zona molo Pagliari;
- **P14 16/2:** alcune intrusioni di polvere Sahariana (alcune e a cavallo tra fine marzo e la prima settimana di aprile ed una particolarmente evidente intorno al 17/4 che ha provocato il rialzo del PM10 in tutte le postazioni) e l'incendio della fonderia Patrone che ha influenzato la postazione di Chiappa il 19/04 – 20/04.

Oltre agli eventi citati sono da segnalare anche un aumento a Le Grazie il 1/07 durante la campagna **P14 16/3** e uno a Fossamastra il 19/08 (campagna **P14 16/4**), rimasti senza spiegazione.

In generale, si evidenzia comunque una buona correlazione tra gli andamenti temporali del PM10 in quasi tutte le postazioni tranne i limitati eventi locali appena descritti.

La tabella seguente confronta i valori medi di PM10 (± 1 deviazione standard) nelle campagne del 2016 in ciascuna postazione aggiuntiva (Chiappa, Le Grazie, Follo) con quelle urbane (Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina), dove viene condotto il monitoraggio in continuo di PM10:

Campagna	Chiappa	Le Grazie	Follo	Fossamastra	Saint Bon	Maggiolina
P14 16/1 (26/02 - 30/03/16)	12,2 \pm 4,7	11,4 \pm 4,1	11,3 \pm 5,2	17,4 \pm 7,9	16,0 \pm 5,7	15,4 \pm 5,1
P14 16/2 (31/03 - 27/04/16)	21,8 \pm 9,5	20,6 \pm 8,8	20,3 \pm 9,0	27,0 \pm 8,5	26,0 \pm 8,6	24,4 \pm 8,2
P14 16/3 (28/06 - 27/07/16)	17,9 \pm 6,0	21,1 \pm 6,1	21,8 \pm 4,7	22,7 \pm 4,2	22,6 \pm 5,3	21,7 \pm 3,9
P14 16/4 (28/07 - 01/09/16)	14,1 \pm 5,2	15,7 \pm 5,6	16,1 \pm 5,6	18,4 \pm 7,4	16,8 \pm 4,6	18,7 \pm 5,1

Tabella 50 - Confronto tra i valori medi di PM10 nei quattro periodi di monitoraggio. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nei quattro periodi di monitoraggio, i valori medi di PM10 sono risultati lievemente maggiori nelle tre postazioni urbane della RQA rispetto alle tre aggiuntive, meno influenzate da pressioni antropiche.

Nelle tre postazioni urbane della RQA e a Chiappa, tra le postazioni aggiuntive, i maggiori valori medi si sono riscontrati nella seconda campagna invernale **P14 16/2**, per le influenze della intrusione della polvere sahariana e per la generale polverosità più elevata nel periodo iniziale della campagna (v. Figura 70).

Nella prima campagna estiva (**P14 16/3**) i valori medi di PM10 si sono mantenuti piuttosto omogenei in tutte le postazioni (21 – 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), salvo a Chiappa dove la media è risultata di poco inferiore (18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

6.1 Caratterizzazione chimica del PM10

I campioni giornalieri di PM10 raccolti durante le campagne di monitoraggio delle deposizioni sono stati caratterizzati per il loro contenuto di metalli e benzo(a)pirene, a cura di ARPA Liguria. In particolare, i parametri chimici sono stati determinati nei campioni delle postazioni di Saint Bon, Fossamastra e Maggiolina, dove è attivo il monitoraggio periodico di ARPAL, cui sono stati aggiunti i campioni prelevati nelle postazioni aggiuntive di Le Grazie, Follo e Chiappa, attivate solo durante il periodo di monitoraggio delle deposizioni.

I campioni giornalieri sono stati analizzati per i parametri di interesse con cadenza di 6 giorni, nelle stesse giornate in cui tali analisi vengono effettuate di routine anche sulle postazioni della RQA (Amendola, Parco della Maggiolina, Fossamastra);

Nel dettaglio sono stati determinati i metalli previsti dal D.Lgs.155/2010 (As, Cd, Ni, Pb) e a questi sono stati aggiunti altri due di interesse per l'indagine: Cromo totale (Cr tot) e Vanadio (V).

Per alcuni dei metalli determinati e per il benzo[a]pirene valgono i seguenti valori limite o obiettivo (calcolato come media su un anno civile nella frazione PM10 del materiale particolato - Allegato XIII D.Lgs. 155/2010):

- Arsenico: 6 ng/m^3 ;
- Cadmio: 5 ng/m^3 ;
- Nickel: 20 ng/m^3 ;
- Piombo: 500 ng/m^3 ;
- benzo(a)pirene: 1,0 ng/m^3 .

6.1.1 Contenuto di metalli nel PM10

Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati delle determinazioni di Arsenico (As), Piombo (Pb), Nickel (Ni), Cadmio (Cd), Cromo totale (Cr tot) e Vanadio (V) nel PM10. I valori sono espressi in ng/m^3 . La dicitura "nd", indica che non è disponibile il dato relativo al giorno di campionamento:

Campagna	Data	Amendola	Fossamastra	Maggiolina	Le Grazie	Follo	Chiappa
P14 16/1	26/2/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	nd
	03/3/16	< 1	2	< 1	< 1	< 1	< 1
	09/3/16	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	15/3/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	27/3/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P14 16/2	02/4/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	08/4/16	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1
	14/4/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	20/4/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	26/4/16	nd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P14 16/3	01/7/16	nd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	07/7/16	nd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	13/7/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	19/7/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	25/7/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P14 16/4	31/7/15	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	06/8/15	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	18/8/15	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	24/8/15	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	30/8/15	nd	nd	nd	< 1	< 1	< 1

Tabella 51 - Concentrazioni di Arsenico nei campioni di PM10. Valori in ng/m^3 .

Campagna	Data	Amendola	Fossamastra	Maggiolina	Le Grazie	Follo	Chiappa
P14 16/1	26/2/16	2	2	2	27	2	nd
	03/3/16	2	2	< 1	24	1	< 1
	09/3/16	2	2	1	1	1	< 1
	15/3/16	6	3	2	3	2	2
	27/3/16	2	nd	2	3	9	2
P14 16/2	02/4/16	5	5	5	9	5	6
	08/4/16	3	3	3	n	3	nd
	14/4/16	2	2	3	1	2	< 1
	20/4/16	2	4	3	3	2	nd
	26/4/16	nd	1	1	4	< 1	< 1
P14 16/3	01/7/16	nd	3	2	12	6	< 1
	07/7/16	nd	2	3	3	3	1
	13/7/16	1	1	3	3	1	2
	19/7/16	3	4	4	n	4	3
	25/7/16	2	1	7	4	2	3
P14 16/4	31/7/16	1	< 1	4	103	1	1
	06/8/16	1	1	1	1	< 1	< 1
	18/8/16	1	1	3	5	< 1	2
	24/8/16	1	3	1	2	< 1	1
	30/8/16	nd	nd	nd	4	2	42

Tabella 52 - Concentrazioni di Piombo nei campioni di PM10. Valori in ng/m^3 .

Campagna	Data	Amendola	Fossamastra	Maggiolina	Le Grazie	Follo	Chiappa
P14 16/1	26/2/16	2	2	2	3	1	nd
	03/3/16	1	2	1	2	2	< 1
	09/3/16	1	1	1	< 1	2	< 1
	16/3/16	2	2	1	2	2	< 1
	27/3/16	2	nd	2	2	3	3
P14 16/2	02/4/16	3	2	2	2	3	3
	08/4/16	5	4	5	n	2	nd
	14/4/16	5	2	2	3	9	2
	20/4/16	1	8	3	1	3	nd
P14 16/3	26/4/16	nd	2	2	< 1	2	< 1
	01/7/16	nd	3	2	7	4	6
	07/7/16	nd	4	19	6	4	6
	13/7/16	4	3	16	2	4	4
	19/7/16	3	3	3	nd	6	nd
25/7/16	5	3	6	4	4	4	
P14 16/4	31/7/16	3	3	7	< 1	3	3
	06/8/16	3	1	2	< 1	< 1	< 1
	18/8/16	< 4	14	10	5	5	3
	24/8/16	7	1	5	2	< 1	2
	30/8/16	nd	nd	nd	3	3	2

Tabella 53 - Concentrazioni di Nickel nei campioni di PM10. Valori in ng/m³.

Campagna	Data	Amendola	Fossamastra	Maggiolina	Le Grazie	Follo	Chiappa
P14 16/1	26/2/16	< 1	< 1	< 1	3	< 1	nd
	03/3/16	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1
	09/3/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	16/3/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	27/3/16	< 1	nd	< 1	< 1	< 1	< 1
P14 16/2	02/4/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	08/4/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	14/4/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	20/4/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	26/4/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P14 16/3	01/7/16	nd	< 1	< 1	1	< 1	< 1
	07/7/16	nd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	13/7/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	19/7/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	25/7/16	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P14 16/4	31/7/16	< 1	< 1	< 1	9	< 1	< 1
	06/8/16	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 1	< 1
	18/8/16	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 1	< 1
	24/8/16	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 1	< 1
	30/8/16	nd	nd	nd	< 1	< 1	3

Tabella 54 - Concentrazioni di Cadmio nei campioni di PM10. Valori in ng/m³.

Campagna	Data	Amendola	Fossamastra	Maggiolina	Le Grazie	Follo	Chiappa
P14 16/1	26/2/16	nd	nd	nd	2	3	nd
	03/3/16	nd	nd	nd	2	2	2
	09/3/16	nd	nd	nd	2	2	< 1
	16/3/16	nd	nd	nd	3	2	< 1
	27/3/16	nd	nd	nd	62	2	1
P14 16/2	02/4/16	nd	nd	nd	61	50	79
	08/4/16	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	14/4/16	nd	nd	nd	79	4	88
	20/4/16	nd	nd	nd	50	47	nd
	26/4/16	nd	nd	nd	51	3	< 1
P14 16/3	01/7/16	nd	nd	nd	10	2	7
	07/7/16	nd	nd	nd	8	3	8
	13/7/16	nd	nd	nd	4	4	7
	19/7/16	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	25/7/16	nd	nd	nd	4	6	6
P14 16/4	31/7/16	nd	nd	nd	2	4	4
	06/8/16	nd	nd	nd	3	3	11
	18/8/16	nd	nd	nd	5	4	5
	24/8/16	nd	nd	nd	4	4	4
	30/8/16	nd	nd	nd	4	5	4

Tabella 55 - Concentrazioni di Cromo totale nei campioni di PM10. Valori in ng/m³.

Campagna	Data	Amendola	Fossamastra	Maggiolina	Le Grazie	Follo	Chiappa
P14 16/1	26/2/16	nd	nd	nd	4	1	nd
	03/3/16	nd	nd	nd	< 1	< 1	< 1
	09/3/16	nd	nd	nd	< 1	< 1	< 1
	16/3/16	nd	nd	nd	2	1	1
	27/3/16	nd	nd	nd	4	3	4
P14 16/2	02/4/16	nd	nd	nd	4	4	4
	08/4/16	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	14/4/16	nd	nd	nd	5	4	4
	20/4/16	nd	nd	nd	2	2	nd
	26/4/16	nd	nd	nd	1	1	1
P14 16/3	01/7/16	nd	nd	nd	8	5	6
	07/7/16	nd	nd	nd	6	5	5
	13/7/16	nd	nd	nd	3	5	3
	19/7/16	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	25/7/16	nd	nd	nd	6	4	6
P14 16/4	31/7/16	nd	nd	nd	< 1	4	4
	06/8/16	nd	nd	nd	2	< 1	< 1
	18/8/16	nd	nd	nd	6	6	5
	24/8/16	nd	nd	nd	5	< 1	1
	30/8/16	nd	nd	nd	5	3	3

Tabella 56 - Concentrazioni di Vanadio nei campioni di PM10. Valori in ng/m³.

Relativamente alle tabelle precedenti, si può osservare che As e Cd sono quasi sempre risultati inferiori al limite di quantificazione mentre Cr e V sono stati determinati solo nei campioni delle postazioni aggiuntive. Di seguito sono riportati alcuni indici statistici relativi a Pb e Ni in tutte le postazioni e a Cr e V solo per le postazioni aggiuntive di Le Grazie, Follo e Chiappa:

Campagna		Amendola	Fossamastra	Maggiolina	Le Grazie	Follo	Chiappa
P14 16/1	<i>n</i>	5	4	5	5	5	4
	Media	2,8	2,3	1,6	11,6	3,0	1,5
	Min	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Max	6,0	3,0	2,0	27,0	9,0	2,0
	Mediana	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,5
P14 16/2	<i>n</i>	4	5	5	4	5	3
	Media	3,0	3,0	3,0	4,3	2,6	2,7
	Min	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Max	5,0	5,0	5,0	9,0	5,0	6,0
	Mediana	2,5	3,0	3,0	3,5	2,0	1,0
P14 16/3	<i>n</i>	3	5	5	4	5	5
	Media	2,0	2,2	3,8	5,5	3,2	2,0
	Min	1,0	1,0	2,0	3,0	1,0	1,0
	Max	3,0	4,0	7,0	12,0	6,0	3,0
	Mediana	2,0	2,0	3,0	3,5	3,0	2,0
P14 16/4	<i>n</i>	4	4	4	5	5	5
	Media	1,0	1,5	2,3	23,0	1,2	9,4
	Min	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Max	1,0	3,0	4,0	103,0	2,0	42,0
	Mediana	1,0	1,0	2,0	4,0	1,0	1,0

Tabella 57 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Piombo nei campioni di PM10. Valori in ng/m³, salvo *n* (numero dei campioni).

Campagna		Amendola	Fossamastra	Maggiolina	Le Grazie	Follo	Chiappa
P14 16/1	<i>n</i>	5	4	5	5	5	4
	Media	1,6	1,8	1,4	2,0	2,0	1,5
	Min	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Max	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0
	Mediana	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	1,0
P14 16/2	<i>n</i>	4	5	5	4	5	3
	Media	3,5	3,6	2,8	1,8	3,8	2,0
	Min	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0
	Max	5,0	8,0	5,0	3,0	9,0	3,0
	Mediana	4,0	2,0	2,0	1,5	3,0	2,0
P14 16/3	<i>n</i>	3	5	5	4	5	4
	Media	4,0	3,2	9,2	4,8	4,4	5,0
	Min	3,0	3,0	2,0	2,0	4,0	4,0
	Max	5,0	4,0	19,0	7,0	6,0	6,0
	Mediana	4,0	3,0	6,0	5,0	4,0	5,0
P14 16/4	<i>n</i>	4	4	4	5	5	5
	Media	4,3	4,8	6,0	2,4	2,6	2,2
	Min	3,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0
	Max	7,0	14,0	10,0	5,0	5,0	3,0
	Mediana	3,5	2,0	6,0	2,0	3,0	2,0

Tabella 58 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Nickel nei campioni di PM10. Valori in ng/m³, salvo *n* (numero dei campioni).

Campagna		Le Grazie	Follo	Chiappa
P14 16/1	<i>n</i>	5	5	4
	Media	14,2	2,2	1,3
	Min	2,0	2,0	1,0
	Max	62,0	3,0	2,0
	Mediana	2,0	2,0	1,0
P14 16/2	<i>n</i>	4	4	3
	Media	60,3	26,0	56,0
	Min	50,0	3,0	1,0
	Max	79,0	50,0	88,0
	Mediana	56,0	25,5	79,0
P14 16/3	<i>n</i>	4	4	4
	Media	6,5	3,8	7,0
	Min	4,0	2,0	6,0
	Max	10,0	6,0	8,0
	Mediana	6,0	3,5	7,0
P14 16/4	<i>n</i>	5	5	5
	Media	3,6	4,0	5,6
	Min	2,0	3,0	4,0
	Max	5,0	5,0	11,0
	Mediana	4,0	4,0	4,0

Tabella 59 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Cromo totale nei campioni di PM10. Valori in ng/m³, salvo n (numero dei campioni).

Campagna		Le Grazie	Follo	Chiappa
P14 16/1	<i>n</i>	5	5	4
	Media	2,4	1,4	1,8
	Min	1,0	1,0	1,0
	Max	4,0	3,0	4,0
	Mediana	2,0	1,0	1,0
P14 16/2	<i>n</i>	4	4	3
	Media	3,0	2,8	3,0
	Min	1,0	1,0	1,0
	Max	5,0	4,0	4,0
	Mediana	3,0	3,0	4,0
P14 16/3	<i>n</i>	4	4	4
	Media	5,8	4,8	5,0
	Min	3,0	4,0	3,0
	Max	8,0	5,0	6,0
	Mediana	6,0	5,0	5,5
P14 16/4	<i>n</i>	5	5	5
	Media	3,8	3,0	2,8
	Min	1,0	1,0	1,0
	Max	6,0	6,0	5,0
	Mediana	5,0	3,0	3,0

Tabella 60 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Vanadio nei campioni di PM10. Valori in ng/m³, salvo n (numero dei campioni).

Per quanto riguarda i dati precedenti giornalieri e le medie risultate, si possono fare le seguenti osservazioni:

- **Arsenico e Cadmio:** i valori di concentrazione nel PM10 sono rimasti quasi sempre pari o inferiori al limite di rilevabilità in aria. Pertanto non è possibile fare considerazioni in merito, salvo rilevare che tali metalli sono risultati poco presenti nel PM10 e, di conseguenza, molto inferiori ai rispettivi limiti normativi annuali di 6 ng/m³ per As e di 5 ng/m³ per Cd;
- **Piombo:** nelle quattro campagne, i valori di concentrazione sono risultati molto bassi e di molto inferiori al limite normative di 500 µg/m³. Normalmente, le concentrazioni sono rimaste comprese tra <1 e 10 ng/m³ in tutte le postazioni, salvo che a Le Grazie (27 ng/m³ il 26/2, 24 ng/m³ il 3/3, 12 ng/m³ il 1/7, 103 ng/m³ il 31/7) e a Chiappa (42 ng/m³ il 30/8), evidentemente attribuibili a effetti locali. Nelle due campagne invernali

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
 BS OHSAS 18001
 Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
 Certificato



i valori medi del periodo si sono mantenuti tra 2 e 5 ng/m³, salvo a Le Grazie, in cui nella prima campagna invernale la media è risultata di 12 ng/m³. Nelle campagne estive, le medie sono rimaste normalmente comprese tra 1 e 6 ng/m³ con l'eccezione di Le Grazie e Chiappa durante la campagna **P14 16/4** per le quali la media è stata rispettivamente di 23 e 9 ng/m³, comunque ben inferiore al limite normativo;

- **Nickel:** i valori di concentrazione giornaliera di Ni sono rimasti compresi normalmente tra <1 e 10 ng/m³ in tutte le postazioni nelle due campagne invernali. Nella prima campagna estiva, solo a Maggiolina in due giornate (7 e 13/7) i valori di Ni sono stati maggiori di 10 ng/m³ (19 e 16 ng/m³). Nella seconda campagna estiva, solo a Fossamastra il 18/8 la concentrazione giornaliera ha superato i 10 ng/m³ (14 ng/m³). I valori medi di tutte le campagne sono rimasti anch'essi compresi tra 1 e 5 ng/m³ in tutte le postazioni, salvo a Maggiolina nelle due campagne estive, in cui si è avuta una concentrazione media di 9 ng/m³ nella **P14 16/3** e di 6 ng/m³ nella **P14 16/4**. Si nota comunque una leggera tendenza a maggiori valori medi in estate piuttosto che in inverno. Infatti, nelle campagne invernali le medie sono rimaste comprese tra 1 e 4 ng/m³ mentre in quelle invernali tra 2 e 5 ng/m³ salvo a Maggiolina, dove i valori medi sono stati ben più elevati;
- **Cromo totale:** il Cromo totale è stato determinato solo nei campioni delle postazioni aggiuntive. Durante le quattro campagne, le concentrazioni maggiori si sono rilevate durante la campagna invernale (**P14 16/2**) in misura abbastanza equamente diffusa tra le postazioni aggiuntive, con valori di concentrazione giornaliera variabili tra 50 e 90 ng/m³, ma anche di gran lunga inferiori. Nelle campagne estive, le concentrazioni giornaliere di Cromo totale sono rimaste invece tutte comprese tra 1 e 11 ng/m³. Di conseguenza le concentrazioni medie di Cromo totale delle campagne invernali sono variate tra 1 e 14 ng/m³ nella **P14 16/1** e tra 26 e 60 ng/m³ nella **P14 16/2**. Nelle campagne estive, invece le medie sono rimaste tutte comprese tra 3 e 7 ng/m³;
- **Vanadio:** anche il Vanadio è stato determinato solo nei campioni delle postazioni aggiuntive. In tutte le campagne le concentrazioni giornaliere sono rimaste comprese tra <1 e 8 ng/m³ con valori leggermente maggiori nelle campagne estive piuttosto che in quelle invernali. Di conseguenza, le medie delle campagne invernali sono rimaste comprese tra 1 e 3 ng/m³ e tra 2 e 6 ng/m³ in quelle estive, con una similitudine con quanto visto sopra per i valori medi del Nickel.

6.1.2 Contenuto di benzo[a]pirene nel PM10

Come sopra descritto il benzo[a]pirene (BaP) è stato determinato solo nei campioni di Amendola, Fossamastra e Maggiolina, in cui viene determinato ogni sei giorni, ma sfalsato di tre giorni rispetto alle precedenti caratterizzazioni dei metalli. I risultati sono riportati nella tabella seguente:

Campagna	Data	Amendola	Maggiolina	Fossamastra
P14 16/1	29/2/16	0,59	0,31	0,39
	06/3/16	0,24	0,63	0,81
	12/3/16	1,78	0,35	0,59
	18/3/16	1,43	0,74	1,80
	24/3/16	0,33	0,19	0,39
	30/3/16	0,13	0,19	0,13
P14 16/2	05/4/16	1,02	0,30	0,76
	11/4/16	0,19	0,11	0,16
	17/4/16	0,04	0,04	0,04
	23/4/16	0,41	0,17	0,59
P14 16/3	28/6/16	0,06	0,04	0,04
	04/7/16	0,04	0,13	0,44
	10/7/16	0,35	2,43	0,04
	16/7/16	0,04	0,04	0,04
	22/7/16	0,04	0,04	0,04
P14 16/4	28/7/16	0,04	0,04	0,04
	03/8/16	0,04	0,04	0,04
	09/8/16	0,04	0,04	0,04
	16/8/16	0,04	0,28	0,04
	21/8/16	0,06	0,13	0,48
	27/8/16	0,04	0,20	0,22

Tabella 61 - Concentrazioni di benzo[a]pirene nei campioni di PM10. Valori in ng/m³.

La concentrazione giornaliera di BaP è variata durante le quattro campagne in modo abbastanza differente tra le postazioni e anche stagionalmente. Si notano infatti concentrazioni giornaliere prossime o superiori a 1 ng/m³ in inverno mentre in estate i valori di concentrazione sono risultati anche di molto inferiori, ad eccezione di Maggiolina in cui si è registrato il valore massimo di 2,43 ng/m³ durante la campagna **P14 16/3**, dato puntuale per cui non si ha una spiegazione.

Nei dati di concentrazione giornaliera, non si notano effetti significativi degli eventi locali del 23/3 (incendio a Fossamastra), del 16/4 (incendio a Pianazze) e del 19/4 (incendio alla fonderia Patrone) nei campioni dei giorni successivi ad essi.

Nella tabella che segue, sono riportati i principali parametri statistici per ciascuna campagna e postazione di monitoraggio:

		Amendola	Maggiolina	Fossamastra
Campagna 16/1	<i>n</i>	6	6	6
	Media	0,75	0,40	0,69
	Min	0,13	0,19	0,13
	Max	1,78	0,74	1,80
	Mediana	0,46	0,33	0,49
Campagna 16/2	<i>n</i>	4	4	4
	Media	0,42	0,16	0,39
	Min	0,04	0,04	0,04
	Max	1,02	0,3	0,76
	Mediana	0,3	0,14	0,375
Campagna 16/3	<i>n</i>	5	5	5
	Media	0,11	0,54	0,12
	Min	0,04	0,04	0,04
	Max	0,35	2,43	0,44
	Mediana	0,04	0,04	0,04
Campagna 16/4	<i>n</i>	6	6	6
	Media	0,04	0,12	0,14
	Min	0,04	0,04	0,04
	Max	0,06	0,28	0,48
	Mediana	0,04	0,085	0,04

Tabella 62 – Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di benzo[a]pirene nei campioni di PM10. Valori in ng/m³, salvo *n* (numero dei campioni).

I valori medi nelle quattro postazioni sono risultati compresi tra 0,16 e 0,75 ng/m³ nelle campagne **invernali** e tra 0,04 e 0,14 ng/m³ nelle campagne **estive**, fatta eccezione per la postazione di Fossamastra, in cui è stato registrato un valor medio di 0,59 ng/m³.

6.1.3 **Contenuto di levoglucosano, carbonio elementare e organico nel PM10**

Come previsto dal protocollo analitico, sono stati esaminati alcuni campioni di PM10 relativamente al loro contenuto di levoglucosano, carbonio elementare (EC) e organico (OC).

Per considerazioni di dettaglio sulle sorgenti di emissione di levoglucosano e EC e OC si rimanda al rapporto sulle misure del 2015. In sintesi, il levoglucosano, un anidro-zucchero, è considerato uno dei traccianti specifici della combustione della legna nei campioni di particolato atmosferico [Simoneit, 1999, Duan et al., 2004, Schmidl et al., 2008].

Il Carbonio Organico (OC) è una miscela di idrocarburi e di composti ossigenati del carbonio e può essere sia di origine primaria sia secondaria. L'OC primario si origina da emissioni da combustione principalmente come particelle submicroniche e anche da emissioni naturali di specie vegetali [Duan et al., 2004] mentre quello secondario da reazioni fotochimiche che avvengono in atmosfera tra composti organici volatili e precursori gassosi [Jacobson et al., 2000; Kanakidou et al., 2005; Tsigaridis et al., 2006].

Il carbonio elementare (EC) ha struttura grafitica con colorazione nera. E' essenzialmente un inquinante primario, emesso direttamente durante l'incompleta combustione di fossili e carburanti [Bond et al., 2007, Szidat S. et. al., 2009, Chow, J. et al. 2011].

Il rapporto OC/EC è un parametro che può aiutare a discriminare tra differenti sorgenti di PM10 in quanto durante l'estate è principalmente influenzato dalla maggiore produzione di OC secondario derivante da attività fotochimica e dall'aumentata emissione di precursori biogenici di aerosol secondari organici (SOA); durante l'inverno è influenzato da emissioni primarie quali la combustione di combustibili fossili.

Le determinazioni analitiche di levoglucosano, EC e OC sono state condotte con le stesse modalità di quelle dei campioni del 2015²⁵.

A seconda delle aree investigate, il rapporto OC/EC varia da valori alti, anche superiori a 16 a valori prossimi a 1. I valori maggiori si hanno in estate in postazioni meno antropizzate in quanto l'OC è elevato per la presenza di vegetazione che ne favorisce la formazione e l'EC è basso per la scarsa presenza di sorgenti antropiche. Viceversa i valori più bassi si hanno nel periodo invernale e negli ambienti inquinati, dove le sorgenti primarie di OC e soprattutto di EC sono prevalenti [Handler et al., 2008].

Le determinazioni di levoglucosano, Carbonio Organico (OC) e Carbonio Elementare (EC) sono state condotte in alcuni campioni del periodo invernale-primaverile ed estivo delle postazioni di Follo, Chiappa e Le Grazie. Per l'ubicazione delle postazioni si veda il cap. 2. Le postazioni di Follo e Le Grazie sono classificate come "extraurbane", la prima è posizionata in un contesto rurale nell'entroterra e la seconda direttamente affacciata sul Golfo della Spezia. Dagli studi modellistici [CESI, 2014]; entrambe le postazioni possono essere influenzate dalle ricadute delle emissioni della Centrale ENEL della Spezia, seppure in maniera molto differente tra di loro, in quanto Follo è prevalentemente soggetta alle emissioni derivanti dal gruppo a carbone denominato SP3 mentre Le Grazie a quelle dei gruppi a metano SP1 e SP2 oggi non attivi.

²⁵ Si veda 'Report monitoraggio prescrizione14 - anno 2015' prot. ARPAL nr. 11569 del 14/04/17

La postazione di Chiappa fa parte della RQA di ARPAL ed è classificata come di "Fondo suburbana" e subisce prevalentemente le pressioni ambientali delle emissioni urbane della Spezia.

6.1.3.1 *Inquadramento meteorologico dei giorni di campionamento*

La tabella che segue sintetizza i principali parametri meteorologici dei giorni utilizzati per la determinazione di OC, EC e levoglucosano:

Data	Meteo significativo del giorno	Temperatura massima (°C)	Temperatura minima (°C)	Temperatura media (°C)	Precipitazione mm
02/03/16	poco nuvoloso, forte vento da S con temporale serale	14	7	12	1
05/03/16	pioggia	13	11	12	8
31/03/16	poco nuvoloso, possibile sahariana	19	14	16	0
17/04/16	Coperto, vento da SE, possibile sahariana	17	16	16	0
21/04/16	poco nuvoloso	22	14	18	0
03/07/16	poco nuvoloso	26	21	24	0
06/07/16	poco nuvoloso	31	23	27	0
26/07/16	Sereno, temporali nell'interno	31	22	26	0
20/08/16	Sereno	30	21	25	0

Tabella 63 - Sintesi dei principali parametri meteorologici dei giorni interessati dalle analisi di EC, OC e Levoglucosano

Per limitare l'influenza eccessiva delle variabili meteorologiche, sono stati scelti campioni di giornate con assenza quasi totale di precipitazioni e per lo più serene e temperature nelle medie stagionali.

6.1.3.2 *Risultati della determinazione del levoglucosano nel PM10*

Nella tabella che segue, sono riportati i valori in concentrazione di PM10, levoglucosano e la percentuale di levoglucosano presente nel PM10:

Postazione	Data	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Levoglucoano ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% nel PM10
Follo	02/03/16	16,60	0,091	0,55%
Follo	05/03/16	15,30	0,041	0,27%
Follo	31/03/16	20,10	0,042	0,21%
Follo	17/04/16	32,80	0,004	0,01%
Follo	21/04/16	17,70	0,022	0,13%
Follo	03/07/16	19,72	0,004	0,02%
Follo	06/07/16	25,29	0,007	0,03%
Follo	26/07/16	26,07	0,028	0,11%
Follo	20/08/16	22,63	0,130	0,58%
Chiappa	02/03/16	16,50	0,067	0,41%
Chiappa	05/03/16	17,60	0,090	0,51%
Chiappa	31/03/16	22,80	0,107	0,47%
Chiappa	17/04/16	38,00	0,004	0,01%
Chiappa	21/04/16	16,80	0,131	0,78%
Chiappa	03/07/16	20,05	0,033	0,17%
Chiappa	06/07/16	19,86	0,046	0,23%
Chiappa	26/07/16	24,66	0,073	0,30%
Chiappa	20/08/16	22,77	0,317	1,39%
Le Grazie	02/03/16	20,90	0,062	0,30%
Le Grazie	05/03/16	18,30	0,004	0,02%
Le Grazie	31/03/16	21,60	0,006	0,03%
Le Grazie	17/04/16	46,60	0,004	0,01%
Le Grazie	21/04/16	15,60	0,004	0,02%
Le Grazie	03/07/16	24,85	0,024	0,10%
Le Grazie	06/07/16	24,68	0,029	0,12%
Le Grazie	26/07/16	27,20	0,059	0,22%
Le Grazie	20/08/16	23,57	0,322	1,37%

Tabella 64 - Risultati delle determinazioni di Levoglucoano in alcuni campioni di PM10.

I risultati sono mostrati in forma grafica negli istogrammi seguenti. Il fondo scala della concentrazione di levoglucoano è stato mantenuto equivalente a quello dei grafici relativi ai risultati del 2015²⁶, riportati nel cap. 7:

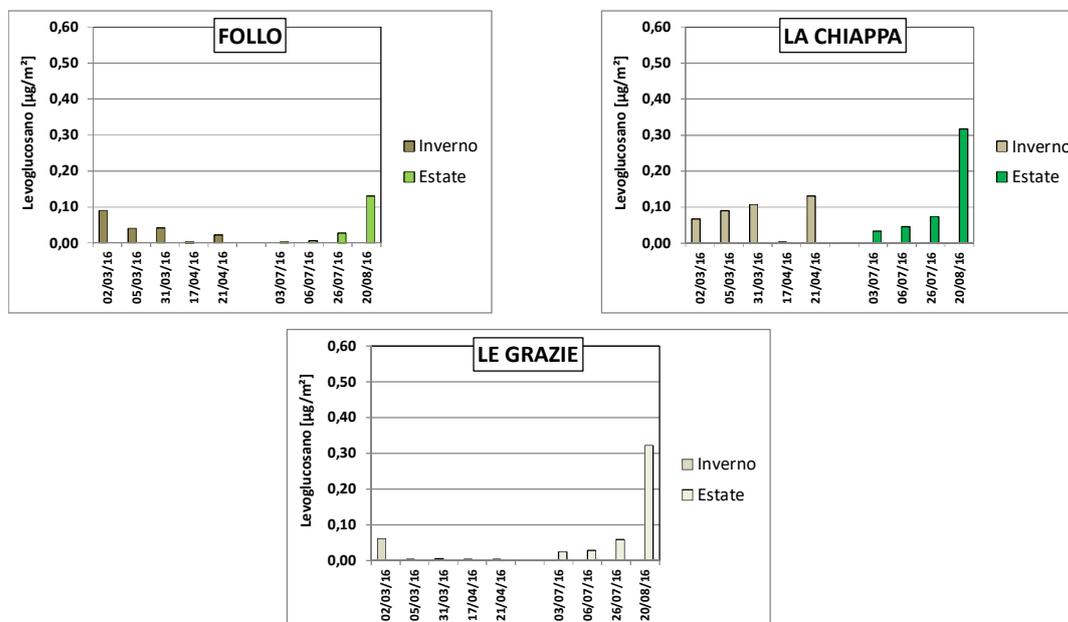


Figura 73 – Andamento delle concentrazioni di Levoglucoano in alcuni campioni stagionali di Follo, Chiappa e Le Grazie.

²⁶ Si veda 'Report monitoraggio prescrizione14 - anno 2015' prot. ARPAL nr. 11569 del 14/04/17

I campioni sono stati prelevati durante un periodo meteorologico normalmente senza precipitazioni, salvo il 05/03/16 in cui si è avuta una modesta precipitazione (8 mm) e in giornate per lo più serene con temperature tipiche della stagione. Ciò premesso, dalla precedente tabella risaltano immediatamente alcune evidenze:

- la concentrazione in aria di levoglucosano è risultata complessivamente bassa in tutti i campioni delle tre postazioni e inferiore a quella del 2015 (v. cap. 7);
- le massime concentrazioni sono state registrate in tutte le postazioni il 20 agosto: circa 0,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Chiappa e Le Grazie e 0,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Follo. Il 20 agosto è stata una giornata con temperature elevate, in linea con quelle dei campioni di luglio (medie giornaliere di 24-27°C e massime comprese tra 26 e 31°C) e l'unica causa possibile è da ricercare in influenze da eventi locali di incendi di biomasse o riferibili a sagre locali con emissioni da combustione di legna;
- nel periodo invernale, si sono avute concentrazioni maggiori di levoglucosano a La Chiappa e a Follo rispetto alle Grazie dove l'influenza della combustione di biomasse sembra molto limitata probabilmente per la differente tipologia della modalità di riscaldamento;
- da notare che l'evento di apporti sahariani del 17/4 ha fatto abbassare le concentrazioni di levoglucosano in tutte le postazioni.

Nel 2016, il contributo del levoglucosano alla concentrazione media di PM10 è risultato di 0,01-0,78% nel periodo invernale e di 0,01-0,30 % in quello estivo, se si escludono i campioni del 20/8, in cui le concentrazioni sono variate tra 0,50 e 1,39 %, i risultati sono in linea con quanto misurato in altri siti di fondo urbano [Piazzalunga et al., 2011].

6.1.3.3 Risultati della determinazione di OC e EC nel PM10

Nella tabella che segue, sono riportati i valori in concentrazione di PM10, OC, EC, TC (somma di OC e EC), la percentuale OC e EC presente nel PM10 e il valore del rapporto OC/EC:

Postazione	Data	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% OC nel PM10	% EC nel PM10	OC/EC
Follo	02/03/16	16,60	2,92	0,59	3,54	17,6%	3,6%	4,9
Follo	05/03/16	15,30	1,82	0,25	2,10	11,9%	1,7%	7,2
Follo	31/03/16	20,10	3,62	0,67	4,30	18,0%	3,4%	5,4
Follo	17/04/16	32,80	1,91	0,46	2,37	5,8%	1,4%	4,1
Follo	21/04/16	17,70	4,04	0,58	4,63	22,9%	3,3%	6,9
Follo	03/07/16	19,72	2,69	0,42	3,11	13,6%	2,1%	6,4
Follo	06/07/16	25,29	4,61	0,63	5,24	18,2%	2,5%	7,3
Follo	26/07/16	26,07	4,36	0,58	4,95	16,7%	2,2%	7,5
Follo	20/08/16	22,63	4,43	0,59	5,02	19,6%	2,6%	7,5
Chiappa	02/03/16	16,50	3,01	0,75	3,75	18,2%	4,5%	4,0
Chiappa	05/03/16	17,60	2,47	0,38	2,85	14,0%	2,2%	6,4
Chiappa	31/03/16	22,80	3,40	0,93	4,33	14,9%	4,1%	3,7
Chiappa	17/04/16	38,00	2,04	0,62	2,66	5,4%	1,6%	3,3
Chiappa	21/04/16	16,80	4,38	0,67	5,05	26,1%	4,0%	6,5
Chiappa	03/07/16	20,05	2,59	0,45	3,04	12,9%	2,2%	5,8
Chiappa	06/07/16	19,86	4,98	0,60	5,58	25,1%	3,0%	8,3
Chiappa	26/07/16	24,66	4,24	0,72	4,96	17,2%	2,9%	5,9
Chiappa	20/08/16	22,77	4,30	0,58	4,88	18,9%	2,5%	7,4
Le Grazie	02/03/16	20,90	3,19	0,88	4,10	15,3%	4,2%	3,6
Le Grazie	05/03/16	18,30	2,05	0,27	2,32	11,2%	1,5%	7,6
Le Grazie	31/03/16	21,60	2,36	0,65	3,03	10,9%	3,0%	3,7
Le Grazie	17/04/16	46,60	1,93	0,51	2,44	4,1%	1,1%	3,8
Le Grazie	21/04/16	15,60	3,83	1,01	4,83	24,5%	6,5%	3,8
Le Grazie	03/07/16	24,85	2,51	0,36	2,87	10,1%	1,5%	7,0
Le Grazie	06/07/16	24,68	4,03	0,58	4,62	16,3%	2,3%	7,0
Le Grazie	26/07/16	27,20	4,39	0,88	5,27	16,1%	3,2%	5,0
Le Grazie	20/08/16	23,57	3,98	0,77	4,74	16,9%	3,3%	5,2

Tabella 65 - Risultati delle determinazioni di OC e EC in alcuni campioni di PM10

Relativamente all'OC la tabella seguente riporta la concentrazione **media** nel periodo invernale e quella del periodo estivo per postazione:

Postazione	Inverno	Estate
Follo	2,86	4,02
Chiappa	3,06	4,03
Le Grazie	2,67	3,73

Tabella 66 – Concentrazione media di OC nei campioni stagionali. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentrazione di OC nei campioni di PM10 del 2016 non ha evidenziato particolari differenze tra le postazioni in periodi stagionali analoghi e gli andamenti temporali sono più indicativi di una omogenea diffusione di OC in aria senza significative influenze locali. Infatti, nel periodo invernale la concentrazione media è rimasta compresa tra 2,7 e 3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutte le postazioni e tra 3,7 e 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate, con andamento stagionale simile a quello dei campioni del 2015.

Da notare che l'evento di apporti sahariani del 17/4 ha provocato una modesta riduzione della concentrazione di OC, e che non vi è stato un significativo aumento di OC il 20/8, contrariamente a quanto visto sopra per il levoglucosano,

Relativamente all'EC la tabella seguente riporta la concentrazione **media** nel periodo invernale e estivo per postazione:

Postazione	Inverno	Estate
Follo	0,51	0,55
Chiappa	0,67	0,59
Le Grazie	0,66	0,65

Tabella 67 – Concentrazione media di EC nei campioni stagionali. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

In inverno, le concentrazioni medie di EC sono risultate simili a quelle estive, il che potrebbe dipendere oltre che da fattori meteorologici anche dalla costanza del peso relativo al traffico e alle sorgenti del porto commerciale e dalla compensazione del peso del riscaldamento domestico con quello dell'apporto turistico estivo.

Da ulteriore sintesi i valori medi annui di concentrazione di OC ed EC risultano essere:

- OC: $3,34 \pm 0,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- EC: $0,61 \pm 0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tali valori rientrano in quelli rilevabili in Europa. Infatti, in un'indagine che ha preso in considerazione 14 siti della rete EMEP, di cui 12 di fondo rurale e 2 di fondo urbano, i valori medi annui sono stati ottenuti tra i seguenti intervalli:

- OC: da $1.20 \pm 1.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Mace Head (Irlanda) a $7.79 \pm 6.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Ispra (Italia);
- EC: da $0.17 \pm 0.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Birkenes (Norvegia) a $1.83 \pm 1.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Ispra (Italia).

La tabella seguente sintetizza il peso relativo di OC e EC sulla concentrazione totale di PM10 in aria, stagionalmente e annualmente:

Postazione	OC			EC		
	Inverno	Estate	Annuale	Inverno	Estate	Annuale
Follo	15,2%	17,0%	16,0%	2,9%	2,6%	2,5%
Chiappa	15,7%	18,5%	17,0%	3,3%	2,7%	3,0%
Le Grazie	13,2%	14,9%	14,0%	3,3%	2,6%	3,0%

Tabella 68 – Contenuto % medio di OC e EC nei campioni di PM10.

Nei campioni del 2016, OC costituisce il 13 – 16% del PM10 in inverno e il 15-18% in estate mentre EC pesa circa il 3% sia inverno, sia in estate. Annualmente, OC rappresenta il 14-17% della massa del PM10 e EC il 2,5-3% di essa. Quindi la somma di OC e EC ha rappresentato nei campioni del 2016 in media circa un quinto della massa del PM10 della Spezia nel 2016, in linea con quanto riscontrabile anche in altri siti [Bove et al., 2014, Cesari et al., 2016].

Infine, è stato esaminato l'andamento del rapporto OC/EC, di cui si riportano di seguito gli istogrammi dell'andamento temporale nelle postazioni:

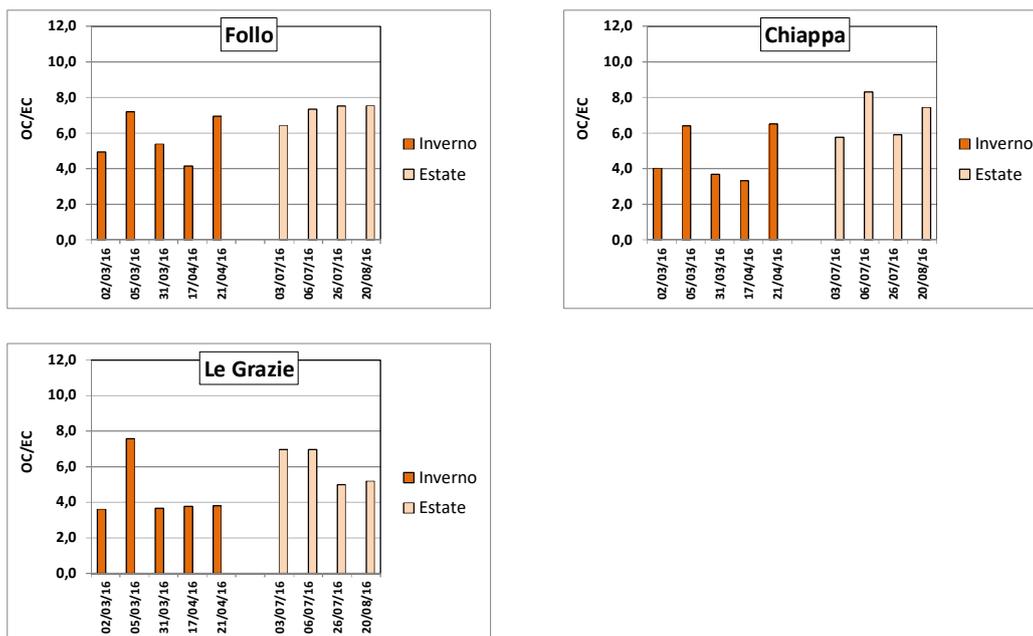


Figura 74 – Andamento temporale del rapporto OC/EC nei campioni di PM10.

La tabella seguente riporta la media del rapporto OC/EC nel periodo invernale e nel periodo estivo.

Postazione	Inverno	Estate
Follo	5,7	7,2
Chiappa	4,8	6,8
Le Grazie	4,5	6,0

Tabella 69 – Valori medi del rapporto OC/EC nei campioni stagionali.

In generale, il rapporto OC/EC è superiore in estate, in accordo con quanto riportato in letteratura [Sandrini et al., 2014] perché è principalmente influenzato dall'aumento di produzione di OC secondario per attività fotochimica e dalle maggiori emissioni di precursori biogenici di aerosol secondario organico; in inverno invece le sorgenti primarie di EC sono prevalenti.

7. Sintesi dei risultati dei monitoraggi 2014-2016

In questo capitolo sono valutati i risultati delle campagne della prescrizione 14 effettuate dal 2014 fino al 2016. In particolare, sono analizzati gli andamenti riscontrati e la media dei risultati acquisiti nel corso dei tre anni di monitoraggio, con l'obiettivo di avere una valutazione statistica delle deposizioni e delle concentrazioni in aria di specie chimiche che avvengono in media **stagionalmente** e non influenzate da eventi estemporanei (incendi, lavori stradali, ecc.). Per ottenere ciò è stata effettuata una selezione critica di tutti i dati, tenendo conto di eventi particolari e, per ciascun parametro, sono indicati i campioni non utilizzati nelle valutazioni statistiche e le relative motivazioni.

Per facilità di lettura, si riportano nel prospetto che segue i periodi delle campagne relative alla prescrizione 14:

Prescrizione 14			
Codifica	Data	Note	Giorni di funzionamento della C.le ENEL
P14 14/0	23/05 – 16/06/14	Campagna di "bianco"	0
P14 14/1	07/07 – 06/08/14	Campagna di monitoraggio estiva	26
P14 14/2	06/08 – 09/09/14	Campagna di monitoraggio estiva	27
P14 15/1	19/01 - 19/02/15	Campagna di monitoraggio invernale	14
P14 15/2	19/02 - 24/03/15	Campagna di monitoraggio invernale	27
P14 15/3	17/06 - 17/07/15	Campagna di monitoraggio estiva	23
P14 15/4	17/07 - 26/08/15	Campagna di monitoraggio estiva	29
P14 16/1	26/02 – 30/03/16	Campagna di monitoraggio inv.- prim.	32
P14 16/2	30/03 - 27/04/16	Campagna di monitoraggio inv.- prim.	22
P14 16/3	28/06 - 28/07/16	Campagna di monitoraggio estiva	30
P14 16/4	28/07 - 01/09/16	Campagna di monitoraggio estiva	12

Tabella 70 – Campagne eseguite per la prescrizione 14.

Al riguardo delle campagne effettuate si possono fare i seguenti commenti:

- la campagna **P14 14/0** è stata una campagna di bianco, ovvero a Centrale ferma, parzialmente anomala solo per la postazione di Fossamastra, in quanto erano in corso presso la banchina ENEL una serie di lavori di manutenzione. Per le altre postazioni non sono stati rilevati eventi anomali, salvo il caso della postazione di fondo urbano di Chiappa per gli IPA;
- nel complesso sono state condotte sei campagne estive e quattro invernali di monitoraggio con la Centrale in funzionamento normale, salvo per le campagne **P14 15/1** (invernale) e **P14 16/4** (estiva), in cui la Centrale ha funzionato parzialmente;
- durante le campagne del **2015** si sono verificate presso la postazione di **Fossamastra**, modifiche della viabilità;
- durante la **P14 15/2** la postazione di **Maggiolina** ha risentito di fenomeni molto locali, ovvero di sfalci delle zone erbose con sollevamento di polveri e dispersione di materiale non inerente le deposizioni atmosferiche.

Nel corso delle campagne sono avvenuti gli eventi anomali meteorologici e locali riassunti di seguito:

- Campagne con eventi anomali meteorologici:

- durante la **P14 14/1** a Spezia si è avuta un'anomalia pluviometrica di ben +138 mm/mese e temperature al di sotto della climatologia con uno scostamento negativo di circa 1.5 °C;
- durante la **P14 15/2** nella postazione di Follo, a causa delle violente raffiche di vento, si è verificato il rovesciamento dei deposimetri e la loro sostituzione, con una durata della campagna di 19 giorni anziché 33;
- durante la **P14 15/4**, a causa delle precipitazioni elevate per una serie di episodi temporaleschi, il deposimetro della postazione di **Arcola** è risultato completamente pieno di acqua, al limite della sua capacità di raccolta, senza però particolari conseguenze sul campionamento;
- sono avvenuti due eventi di Saharan Dust durante il corso della **P14 16/2**;
- Campagne con episodi di incendi:
 - Nel corso della campagna **P14 15/1** si è verificato un episodio locale di combustione di biomasse a Bolano;
 - Nel corso della campagna **P14 16/1**, il 23/03/2016 vi è stato un grave incendio di un edificio civile nei pressi della postazione di **Fossamastra** che ha influenzato alcune postazioni, come meglio descritto nel seguito;
 - Nel corso della campagna **P14 16/2** si sono avuti gli eventi seguenti:
 - Il 16/04/2016 si è sviluppato un Incendio nel bosco in località Pianazze, a ridosso della Centrale ENEL;
 - Il 19/04/2016 vi è stato un incendio presso la fonderia Patrone con probabile influenza sulle postazioni di Saint Bon e Chiappa.

A **Fossamastra**, nelle campagne 2014-2015 il deposimetro era posizionato a circa 6 metri di altezza sul tetto del fabbricato in cemento in corrispondenza del sistema di bypass della linea di movimentazione del carbone. Nelle campagne del 2016 si è deciso di posizionare un deposimetro nella stessa postazione ma a circa 2 m di altezza (denominato Fossamastra – Basso) per uniformità con i deposimetri delle altre postazioni. Il deposimetro sul tetto del fabbricato è stato mantenuto, denominandolo Fossamastra-Alto. La valutazione dei ratei di polveri e metalli misurati nei due deposimetri adiacenti ha permesso di dedurre che i ratei del deposimetro Fossamastra-Basso sono con buona riproducibilità il doppio di quelli del deposimetro Fossamastra-Alto. Sulla base di questo confronto, pur con le dovute cautele legate al limitato numero di dati disponibili, si sono stimati a ritroso i ratei di deposizione delle polveri che si sarebbero rilevati a Fossamastra–Basso negli anni precedenti (applicando quindi ai ratei di deposizione rilevati a Fossamastra–Alto un fattore pari a 2). Pertanto i dati utilizzati per i confronti pluriennali a Fossamastra (deposizione di polveri, metalli e specie organiche) si intendono come se fossero tutti stati prelevati a 2 m di altezza (per dettagli si veda il par. 5.3).

Per i calcoli e le considerazioni del presente capitolo, i valori di deposizioni inferiori al limite di rilevabilità, sono stati sostituiti con metà del limite di rilevabilità, in accordo col Rapporto ISTISAN 04/15 (Menichini, E., & Viviano, G., 2004).

7.1 Ratei di deposizione delle polveri

Per l'analisi dell'andamento dei ratei di deposizione delle polveri dal 2014 al 2016 sono stati presi in considerazione i risultati ottenuti nelle postazioni previste dal protocollo, con le seguenti assunzioni:

- sono state escluse le campagne eseguite nelle postazioni di Canaletto e Vezzano, in quanto campagne "spot" con mezzo mobile;
- sono stati inclusi i monitoraggi nella postazione di Melara, condotti in contemporanea con le campagne della prescrizione 14, in quanto, su base modellistica, è punto di massima deposizione delle emissioni della Centrale ENEL, nel caso soprattutto di eventi piovosi. Tale sito è stato inserito dal 2016 nel protocollo modificato, come postazione di monitoraggio continuo;
- non è stato considerato il rateo di deposizioni di **polveri** e **metalli** rilevato nella campagna **P14 15/2** a **Maggiolina** (156 mg/m²/d) in quanto fortemente influenzato da operazioni di sfalcio nella zona erbosa adiacente la postazione, che ha risollevato dal terreno una discreta quantità di polveri e altri materiale vegetali, non riferibili quindi alle deposizioni atmosferiche;

Con le assunzioni sopra esposte, nella figura che segue, sono riportati i ratei di deposizione delle polveri nelle postazioni di monitoraggio, riportando da sinistra verso destra le postazioni extra urbane (Bolano, Follo, Arcola, Le Grazie), quelle di fondo urbano (Chiappa) e le urbane (Maggiolina, Saint Bon, Fossamastra, Melara). Il fondo scala è stato fissato a 300 mg/m²/d che è prossimo al valore che la normativa tedesca considera come riferimento per le deposizioni massime di polveri (350 mg/m²/d - vedi cap. 5). Sono anche riportate le precipitazioni con asse secondario invertito.

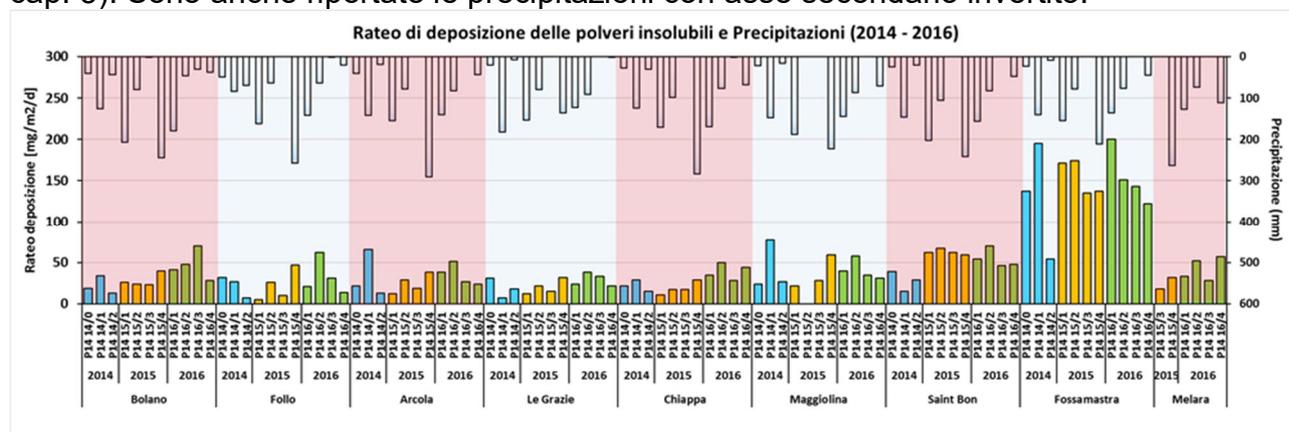


Figura 75 - Confronto dei ratei di deposizione di polveri delle campagne 2014-'16. Non è incluso il rateo della campagna P14 15/2 a Maggiolina (v. testo sopra).

Dalla figura precedente, si evidenzia che:

- le deposizioni si collocano complessivamente, a meno di **Fossamastra**, ben al di sotto dei valori di riferimento adottati da alcune nazione europee aventi caratteristiche analoghe a quelle del territorio italiano (200 – 350 mg/m²/d) e sono inquadrabili nella classe di polverosità "praticamente assente" (<100 mg/m²/d) secondo i parametri di classificazione del rapporto finale del gruppo di lavoro della Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico (vedi par. 5.1.1);

- la postazione di **Fossamastra**²⁷ presenta ratei di deposizione più elevati rispetto alle altre postazioni, ma comunque inferiori ai valori di riferimento adottati da alcune nazioni europee e la collocano in una classe di polverosità “bassa” secondo i parametri di classificazione del rapporto finale del gruppo di lavoro della Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico (vedi par. 5.1.1). In tale postazione, si rilevano sistematicamente ratei più elevati in tutte le stagioni e suggeriscono una caratteristica locale;
- nel complesso, emerge un quadro di basse deposizioni di polveri con differenze non significative tra le postazioni da un punto di vista strettamente statistico, a meno di quella di Fossamastra. Si notano comunque alcune lievi differenze tra i valori **medi** stagionali dei ratei di deposizione delle postazioni in area urbana e quelle in zone extraurbane e si è deciso di procedere ad una valutazione delle caratteristiche di deposizione delle due aree, riunendo le postazioni in gruppi omogenei per entità media delle deposizioni stagionali.

Nella tabella che segue sono riportati i valori medi stagionali (± 1 deviazione standard) dei ratei di deposizione di **polveri** nelle postazioni di monitoraggio, a confronto con la campagna di bianco. I ratei rilevati nelle singole campagne sono riportati in Appendice A7.1:

Postazione	Tipologia	Campagna di Bianco		
		P14 14/0	P14 14/1-14/2-15/3-15/4-16/3-16/4	Inverno P14 15/1-15/2-16/1-16/2
		Media (mg/m ² /d)	Media \pm Dev. St. (mg/m ² /d)	Media \pm Dev. St. (mg/m ² /d)
Bolano	extra-urbana	19	35 \pm 20	35 \pm 12
Follo	extra-urbana	32	23 \pm 15	29 \pm 24
Arcola	extra-urbana	22	31 \pm 19	33 \pm 16
Le Grazie	extra-urbana	31	21 \pm 10	24 \pm 11
Chiappa	fondo-urbana	22	27 \pm 10	28 \pm 18
Maggiolina (*)	urbana	24	43 \pm 20	40 \pm 18
Saint Bon	urbana	39	43 \pm 18	63 \pm 7
Fossamastra (*)	urbana	137	131 \pm 45	174 \pm 20
Melara	urbana	-	34 \pm 17	43 \pm 13

Tabella 71 – Ratei medi stagionali nelle postazioni di monitoraggio e della campagna di bianco. (*) – Non è incluso il rateo della campagna P14 15/2 (v. sopra). (*) - I ratei di Fossamastra del 2014-15 sono stati ricalcolati come se fossero tutti rilevati al livello di 2 m.

Dal confronto tra i valori medi stagionali osservati nelle postazioni **urbane** fortemente antropizzate (Saint Bon e Fossamastra) si rileva una dipendenza delle deposizioni dalla stagionalità. Ciò dipende dalla variazione della pressione antropica che, nel periodo invernale, aumenta soprattutto a causa del riscaldamento, in quanto le emissioni industriali e il traffico subiscono variazioni meno marcate.

La postazione di Maggiolina si trova in adiacenze ad un'area di “sgambatura cani” che durante l'estate, in assenza di precipitazioni, diventa molto polverosa e la tipologia di utilizzo dell'area può determinare risollevarimento alterando parzialmente la caratteristica della deposizione.

Questo andamento risulta pochissimo evidente, se non assente, nelle postazioni **extra-urbane**, dove è meno rilevante la pressione del traffico e del riscaldamento invernale. Basandosi sugli andamenti dei dati medi stagionali di deposizioni di polveri della tabella

²⁷ Per la postazione di Fossamastra, da intendersi come quella di Fossamastra – Basso, a livello di terra, si sono utilizzati i ratei stimati a ritroso per le deposizioni del 2014 e 2015 (v. par. 5.3).

precedente, è possibile raggruppare le postazioni per caratteristiche di deposizioni, ovvero:

- postazioni urbane: Maggiolina, Saint Bon, Melara;
- extra urbane: Bolano, Follo, Arcola, Le Grazie;
- fondo urbano: Chiappa.

La postazione di Fossamastra, per via della singolarità delle sue deposizioni, è stata mantenuta separata dalle altre urbane. Allo stesso modo, Chiappa, postazione di fondo urbano, è stata mantenuta separata da quelle urbane, in quanto ha caratteristiche di deposizione simili a quelle extraurbane e consente di valutare meglio le pressioni antropiche di quelle propriamente urbane. Nella tabella che segue sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard dei ratei di deposizione rilevati nelle postazioni suddivise in urbane e extra-urbane nella campagna di bianco (campagna **P14 14/0**) e nelle campagne estive e invernali della P14, con le convenzioni sopra riportate.

Tipo postazione	Campagna di Bianco	Estate	Inverno
	P14 14/0	P14 14/1-14/2-15/3-15/4-16/3-16/4	P14 15/1-15/2-16/1-16/2
	Media ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$)	Media \pm Dev. St. ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$)	Media \pm Dev. St. ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$)
P. Extra-urbane	26 \pm 6	27 \pm 16	30 \pm 15
P. Fondo Urbano	22	27 \pm 10	28 \pm 18
P. Urbane (*)	32 \pm 11	41 \pm 18	51 \pm 16
Fossamastra (*)	137	131 \pm 45	174 \pm 20

Tabella 72 - Confronto tra i valori della media stagionale (± 1 deviazione standard) per le polveri deposte nelle campagne della P14. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$. (*) – Non è incluso il rateo della campagna P14 15/2 (v. sopra). (*) - I ratei di Fossamastra del 2014-15 sono stati ricalcolati come se fossero tutti rilevati a livello di 2 m.

Pur con le limitazioni del caso, valutando i ratei medi stagionali per gruppi omogenei di postazioni si possono fare le seguenti considerazioni:

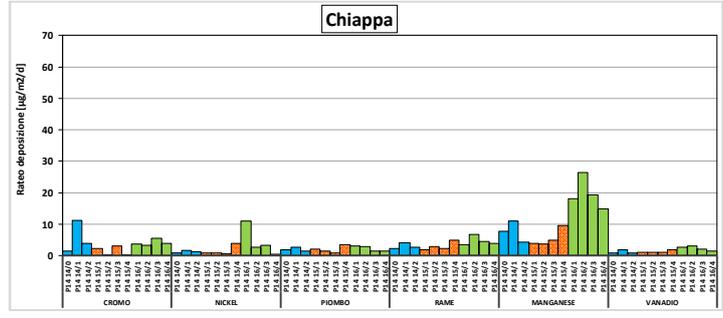
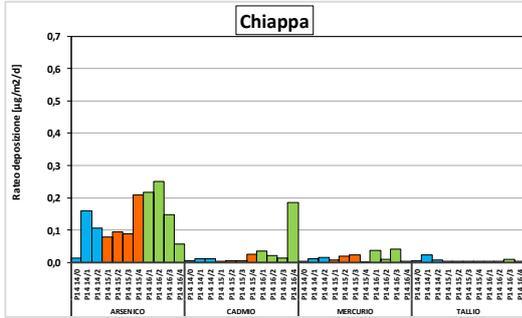
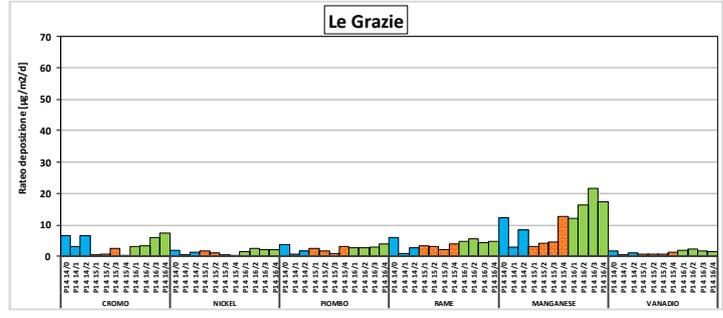
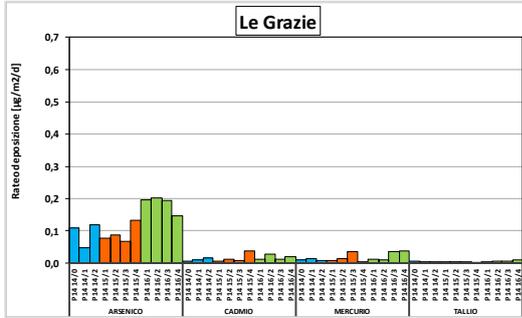
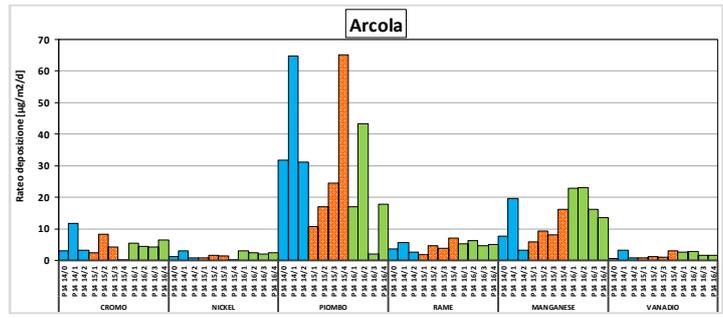
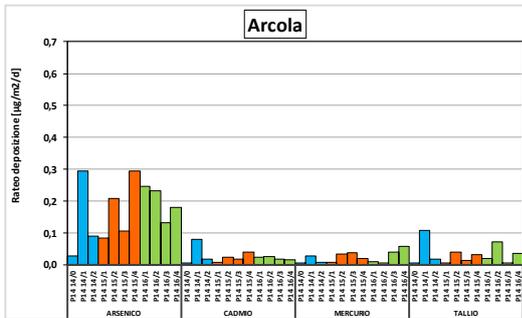
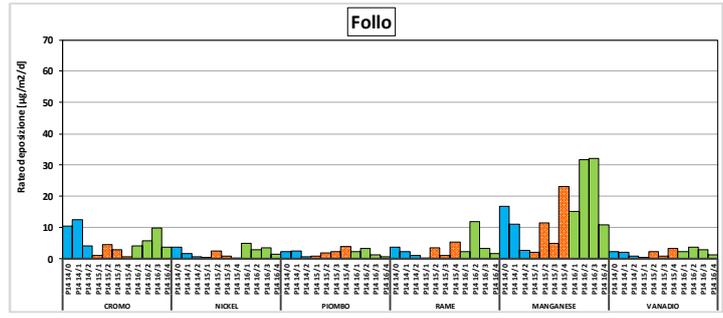
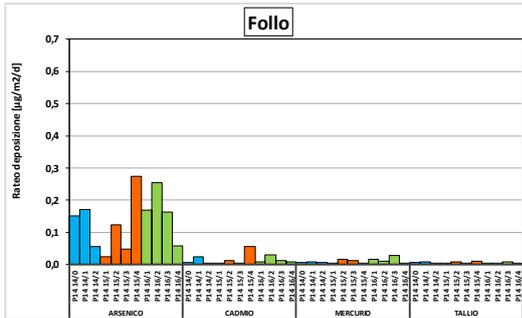
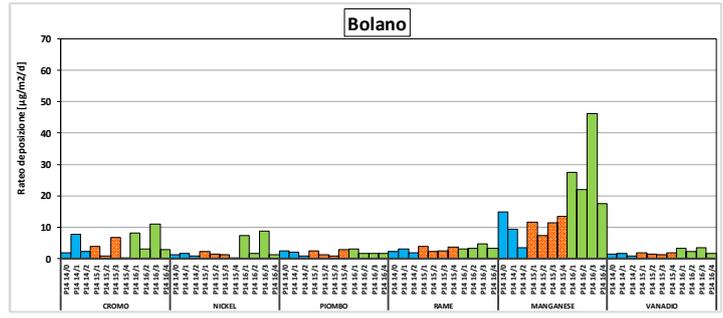
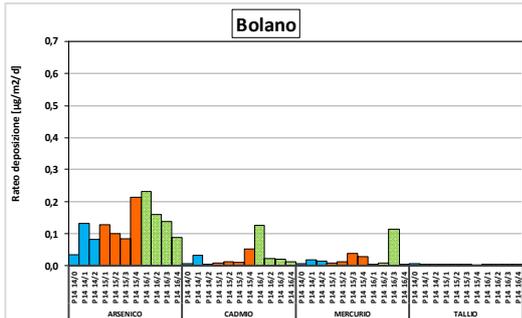
- le postazioni **extraurbane** presentano una deposizione caratterizzata da valori molto bassi e quasi identici tra l'estate e l'inverno sia come valore medio che come deviazione standard e rappresentano un fondo tipico del tessuto extraurbano;
- la postazione di **fondo urbano** (Chiappa) ha deposizioni del tutto paragonabili agli andamenti delle postazioni extra-urbane, quindi con minime variazioni stagionali e ratei quantitativamente confrontabili;
- nelle postazioni **urbane** si hanno maggiori deposizioni medie rispetto a quelle **extraurbane** soprattutto in inverno, sebbene l'elevata deviazione standard associata ai dati indichi che le differenze sono limitate. Tali differenze di deposizioni medie potrebbero comunque essere rappresentative del contributo del complesso delle pressioni antropiche invernale (riscaldamento, traffico, emissioni industriali incluse quelle portuali), nonché delle influenze dei fattori climatici che impediscono un completo rimescolamento degli strati di aria e favoriscono un accumulo degli inquinanti negli strati più bassi. In estate, le differenze dei ratei di deposizione rispetto a quelli delle postazioni extraurbane sono più limitate e sono probabilmente quasi tutte imputabili alle attività antropiche industriali e portuali e al traffico veicolare, che rimangono relativamente immutate nel corso dell'anno. Ovviamente eventi locali, quali incendi, cantieri stradali e civili, etc., possono influenzare sia le polveri sedimentabili sia quelle in aria. Ciò può non emergere confrontando le medie

- pluriennali stagionali, in quanto sono stati esclusi dalle statistiche i valori derivanti da eventi noti accidentali, ma non si può escludere che vi siano stati altri eventi locali;
- dal confronto dei ratei di deposizione dell'unica campagna estiva di bianco, a Centrale ferma, con le altre campagne, tenendo conto della variabilità intrinseca delle deposizioni, emerge che:
 - o le postazioni **extraurbane** presentano ratei confrontabili sia in estate che in inverno.
 - o le postazioni **urbane** presentano ratei confrontabili in estate e lievemente superiori in inverno a conferma che il principale fattore influenzante i risultati è la stagione di osservazione rispetto alle singole pressioni antropiche soprattutto per il ruolo che può assumere il riscaldamento invernale nell'area urbana;
 - la postazione di **Fossamastra** è stata trattata a parte per la sua peculiarità e si sono evidenziati ratei stagionali praticamente equivalenti in tutte le campagne compresa anche quella di bianco durante la quale si ricorda che era attivo un cantiere presso la limitrofa Banchina Enel di scarico carbone. Questa postazione è infatti fortemente influenzata da una pluralità di pressioni antropiche durante tutto l'anno, tra cui le principali sono le attività di movimentazione dei container nell'area portuale e la mole di traffico, poco variabile nel tempo. La particolarità della postazione di Fossamastra risulta anche dal fatto che i ratei misurati sono circa il triplo di quelli delle altre postazioni urbane, sia in inverno sia in estate. A valori dei ratei di deposizione delle polveri così elevati non corrispondono però altrettanto elevati valori di PM_{2,5}, PM₁₀ e PTS (rilevati dalla RQA per la postazione di Fossamastra) che sono, invece, comparabili con quelli rilevati nelle altre postazioni urbane della RQA, ad indicare la presenza di polvere a granulometria elevata dovuta ad impatti antropici locali quali movimentazione container, attività con mezzi meccanici e intenso traffico pesante. Si segnala che presso tale postazione viene eseguito anche il monitoraggio di controllo della line carbone, nell'ambito della prescrizione 18 dell'AIA, e che le determinazioni analitiche effettuate non hanno evidenziato presenza significativa di carbone (presenza carbone ≤ 1%).

7.2 Metalli nelle deposizioni di polveri

7.2.1 Ratei di deposizioni stagionali dei metalli

Le figure seguenti confrontano i ratei di deposizioni dei metalli dal 2014 al 2016, nel corso delle campagne elencate nella Tabella 70, separati tra metalli presenti in tracce, con fondo scala 0,7 µg/m²/d e maggioritari, con fondo scala 70 µg/m²/d, ad eccezione di Fossamastra per la quale è stata usata un fondo scala differente pari rispettivamente a 1,2 µg/m²/d e 180 µg/m²/d; si ricorda che i dati di Fossamastra relativi al biennio 2014-15 sono stati stimati sulla base dei risultati dei monitoraggi in doppio del 2016 (vedi par. 5.3). I dati numerici sono riportati in Appendice A7.2.



Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
 BS OHSAS 18001
 Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
 Certificato



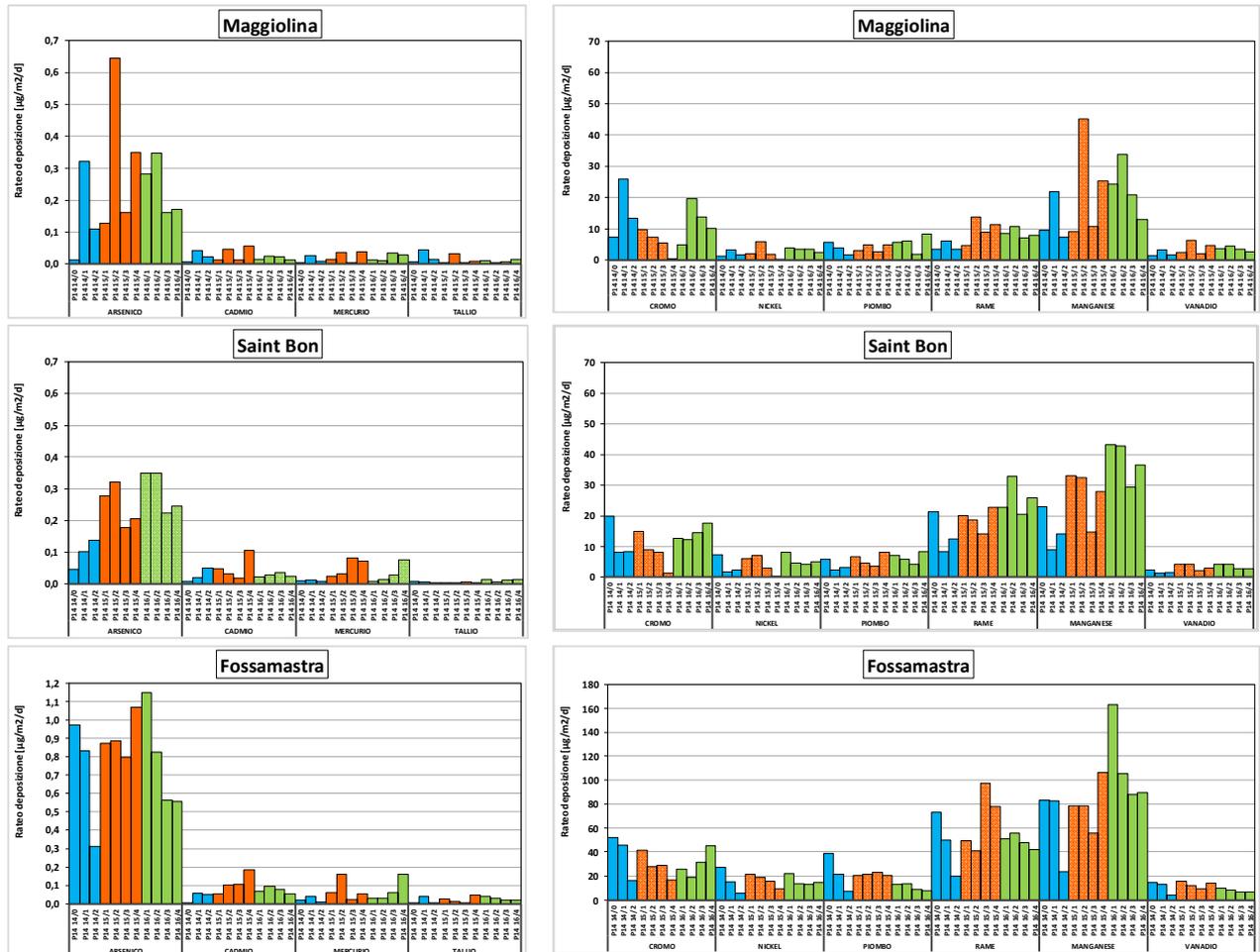


Figura 76 – Confronto delle deposizioni di metalli nelle campagne 2014-'16.

Nelle figure precedenti non è stata inclusa per motivi grafici ma è stata considerata nell'analisi pluriennale la postazione di **Melara**, inserita solo dal 2016 tra le postazioni della P14. Non sono state invece considerate nell'analisi pluriennale stagionale le campagne *spot* fatte nelle postazioni mobili di **Vezzano** e **Canaletto**.

Per meglio valutare gli andamenti stagionali, nella tabella che segue sono riassunti i ratei stagionali di deposizione dei metalli nelle singole postazioni e quelli della campagna di bianco. Non sono stati considerati gli andamenti di Hg e Tl che hanno valori molto bassi e molto spesso vicini al loro limite di quantificazione.

Media \pm Dev. St. ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$)		As	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano	Bianco	0,15	0,02	1,9	1,1	2,6	2,3	14,8	0,15
	Estate	0,12 \pm 0,05	0,02 \pm 0,02	5,2 \pm 4,1	2,2 \pm 3,2	1,7 \pm 0,8	3,2 \pm 0,9	16,9 \pm 15,1	0,12 \pm 0,05
	Inverno	0,16 \pm 0,06	0,04 \pm 0,06	4,0 \pm 3,1	3,2 \pm 2,8	2,1 \pm 0,8	3,1 \pm 0,6	17,1 \pm 9,2	0,16 \pm 0,06
Follo	Bianco	0,15	0,02	10,4	3,8	2,4	3,8	16,8	0,15
	Estate	0,13 \pm 0,09	0,02 \pm 0,02	5,6 \pm 4,5	1,3 \pm 1,2	1,9 \pm 1,3	2,4 \pm 1,6	14,2 \pm 11,3	0,13 \pm 0,09
	Inverno	0,14 \pm 0,10	0,01 \pm 0,01	3,8 \pm 2,0	2,7 \pm 1,8	2,0 \pm 1,1	4,5 \pm 5,2	15,1 \pm 12,4	0,14 \pm 0,10
Arcola	Bianco	0,23	0,02	2,9	1,4	31,7	3,6	7,6	0,23
	Estate	0,18 \pm 0,09	0,03 \pm 0,03	5,0 \pm 3,9	1,7 \pm 1,1	34,2 \pm 25,7	4,8 \pm 1,5	12,8 \pm 6,0	0,18 \pm 0,09
	Inverno	0,19 \pm 0,07	0,02 \pm 0,01	5,1 \pm 2,4	2,0 \pm 0,9	22,0 \pm 14,5	4,5 \pm 1,9	15,4 \pm 9,0	0,19 \pm 0,07
Le Grazie	Bianco	0,11	0,02	6,7	2,1	3,8	6,0	12,2	0,11
	Estate	0,12 \pm 0,05	0,02 \pm 0,01	4,3 \pm 2,9	1,2 \pm 0,9	2,3 \pm 1,3	3,2 \pm 1,5	11,3 \pm 7,4	0,12 \pm 0,05
	Inverno	0,14 \pm 0,07	0,01 \pm 0,01	2,0 \pm 1,5	1,8 \pm 0,5	2,5 \pm 0,5	4,2 \pm 1,2	9,0 \pm 6,4	0,14 \pm 0,07
Chiappa	Bianco	0,13	0,03	1,4	0,8	1,8	2,3	7,8	0,13
	Estate	0,13 \pm 0,06	0,04 \pm 0,07	4,6 \pm 3,7	1,8 \pm 1,4	1,9 \pm 1,0	3,7 \pm 1,1	10,6 \pm 5,8	0,13 \pm 0,06
	Inverno	0,16 \pm 0,09	0,02 \pm 0,01	2,3 \pm 1,6	3,8 \pm 4,8	2,3 \pm 0,7	3,7 \pm 2,1	13,0 \pm 11,2	0,16 \pm 0,09
Maggiolina (*)	Bianco	0,11	0,06	11,0	2,8	6,9	8,1	23,4	0,11
	Estate	0,21 \pm 0,10	0,03 \pm 0,02	11,5 \pm 8,7	2,1 \pm 1,3	3,8 \pm 2,4	7,4 \pm 2,6	16,4 \pm 7,2	0,21 \pm 0,10
	Inverno	0,25 \pm 0,11	0,02 \pm 0,01	11,4 \pm 7,5	3,1 \pm 0,9	4,9 \pm 1,7	7,9 \pm 3,1	22,4 \pm 12,5	0,25 \pm 0,11
Saint Bon	Bianco	0,18	0,03	20,0	7,4	6,0	21,3	23,0	0,18
	Estate	0,18 \pm 0,05	0,04 \pm 0,03	9,7 \pm 5,7	2,8 \pm 1,9	5,0 \pm 2,7	17,4 \pm 6,7	22,0 \pm 10,8	0,18 \pm 0,05
	Inverno	0,32 \pm 0,03	0,03 \pm 0,01	12,2 \pm 2,4	6,5 \pm 1,4	6,1 \pm 1,0	23,7 \pm 6,4	37,9 \pm 5,8	0,32 \pm 0,03
Fossamastra (*)	Bianco	0,97	0,06	52,3	26,9	38,9	73,3	83,4	0,97
	Estate	0,69 \pm 0,27	0,09 \pm 0,05	30,7 \pm 13,0	12,0 \pm 4,1	14,8 \pm 7,7	55,7 \pm 27,8	74,3 \pm 29,9	0,69 \pm 0,27
	Inverno	0,93 \pm 0,15	0,08 \pm 0,02	28,3 \pm 9,7	19,0 \pm 4,0	17,0 \pm 4,6	49,2 \pm 6,2	106,3 \pm 40,0	0,93 \pm 0,15
Melara	Bianco (**)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Estate	0,29 \pm 0,10	0,02 \pm 0,01	14,9 \pm 7,3	2,3 \pm 0,9	8,1 \pm 11,2	12,8 \pm 7,6	20,8 \pm 8,8	0,29 \pm 0,10
	Inverno	0,15	0,02	1,9	1,1	2,6	2,3	14,8	0,15

Tabella 73 – Ratei medi stagionali dei metalli nelle postazioni di monitoraggio. (**) ND - campagna non effettuata. (^) - Il rateo medio invernale di Maggiolina non include il dato della campagna P14 15/2 (v. sopra). (*) - I ratei di Fossamastra del 2014-15 sono stati ricalcolati come se fossero tutti rilevati a livello di 2 m.

Esaminando i ratei stagionali, va osservato, in primo luogo, che i valori delle deviazioni standard sono elevati e le apparenti differenze nelle deposizioni medie stagionali non hanno in effetti una grande rilevanza statistica, specie per le postazioni extra-urbane. Ciononostante, si può osservare che in ciascuna delle postazioni **extra-urbane** i ratei di deposizione estivi e invernali di As, Cd, Pb (esclusa Arcola), Cu, Mn e V sono confrontabili mentre si ha una apparente maggiore deposizione di Cr in estate e di Ni in inverno a Bolano, Follo e Le Grazie. La postazione di **Arcola** si differenzia da tutte le altre postazioni extra-urbane per quanto riguarda il Pb, che è effettivamente depositato in misura maggiore rispetto a tutte le altre postazioni, comprese quelle urbane. Nelle postazioni **urbane**, le deposizioni di Cd, Cr, Pb, Cu e V sono simili in estate e inverno mentre, pur con qualche eccezione, quelle di As, Ni e Mn sono leggermente maggiori in inverno.

Utilizzando i criteri sopra adottati per le polveri, nella tabella che segue sono riassunti i **valori medi stagionali** dei ratei dei metalli per le differenti tipologie di postazioni. Nella statistica sono stati esclusi:

- i valori di Pb di **Arcola** (postazione extraurbana), per la particolarità locale della deposizione di questo metallo (si veda Allegato 2 per una trattazione più completa);
- i valori dei metalli di **Maggiolina** della campagna invernale **P14 15/2** per i problemi legati all'attività di sfalcio (vedi paragrafo 7.1).

Inoltre, è stata mantenuta separata la postazione di **Fossamastra**²⁸ per la sua particolarità.

²⁸ Per la postazione di Fossamastra, da intendersi come quella di Fossamastra – Basso, a livello di terra, si sono utilizzati i ratei stimati a ritroso per le deposizioni del 2014 e 2015 (v. par. 5.3).

	Media \pm Dev. St. ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$)	As	Cd	Cr	Ni	Pb (*)	Cu	Mn	V
Bianco	P. Extra-urbane	0,14 \pm 0,02	0,02 \pm 0,00	6,34 \pm 4,26	2,33 \pm 1,36	2,91 \pm 0,75	4,05 \pm 1,86	14,61 \pm 2,31	1,79 \pm 0,49
	P. Fondo Urbano	0,13 \pm n.d.	0,03 \pm n.d.	1,41 \pm n.d.	0,77 \pm n.d.	1,79 \pm n.d.	2,29 \pm n.d.	7,85 \pm n.d.	0,89 \pm n.d.
	P. Urbane	0,15 \pm 0,05	0,04 \pm 0,02	15,53 \pm 6,38	5,08 \pm 3,23	6,42 \pm 0,61	14,71 \pm 9,34	23,19 \pm 0,24	2,64 \pm 0,33
	Fossamastra	0,97	0,06	52,3	26,9	38,9	73,3	83,4	14,3
Estate	P. Extra-urbane	0,12 \pm 0,06	0,02 \pm 0,02	5,0 \pm 3,7	1,6 \pm 2,0	1,9 \pm 1,1	2,9 \pm 1,4	14,2 \pm 11,2	1,6 \pm 0,9
	P. Fondo Urbano	0,13 \pm 0,06	0,04 \pm 0,07	4,6 \pm 3,7	1,8 \pm 1,4	1,9 \pm 1,0	3,7 \pm 1,1	10,6 \pm 5,8	1,5 \pm 0,5
	P. Urbane	0,22 \pm 0,09	0,03 \pm 0,02	11,7 \pm 7,2	2,4 \pm 1,4	5,3 \pm 5,7	12,5 \pm 7,0	19,6 \pm 8,9	2,7 \pm 1,0
	Fossamastra	0,69 \pm 0,27	0,09 \pm 0,05	30,7 \pm 13,0	12,0 \pm 4,1	14,8 \pm 7,7	55,7 \pm 27,8	74,3 \pm 29,9	8,9 \pm 4,0
Inverno	P. Extra-urbane	0,15 \pm 0,07	0,02 \pm 0,03	3,3 \pm 2,3	2,6 \pm 1,9	2,2 \pm 0,8	3,9 \pm 2,9	13,7 \pm 9,4	1,9 \pm 1,0
	P. Fondo Urbano	0,16 \pm 0,09	0,02 \pm 0,01	2,3 \pm 1,6	3,8 \pm 4,8	2,3 \pm 0,7	3,7 \pm 2,1	13,0 \pm 11,2	1,9 \pm 1,0
	P. Urbane	0,30 \pm 0,07	0,03 \pm 0,02	11,4 \pm 5,0	4,7 \pm 2,0	5,7 \pm 1,2	16,1 \pm 8,7	31,0 \pm 10,3	3,7 \pm 0,8
	Fossamastra	0,93 \pm 0,15	0,08 \pm 0,02	28,3 \pm 9,7	19,0 \pm 4,0	17,0 \pm 4,6	49,2 \pm 6,2	106,3 \pm 40,0	11,3 \pm 3,1

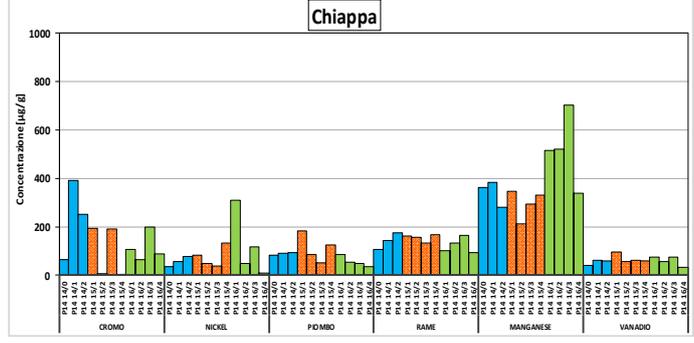
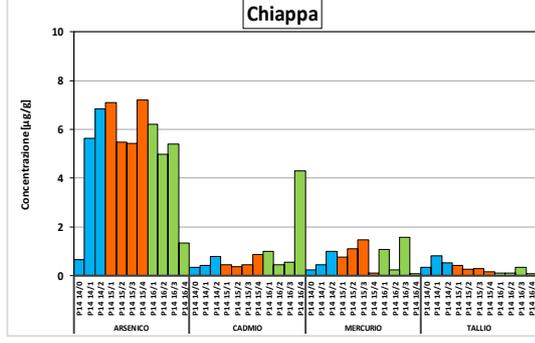
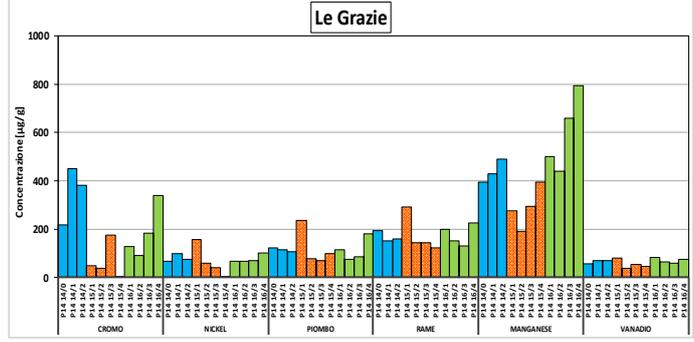
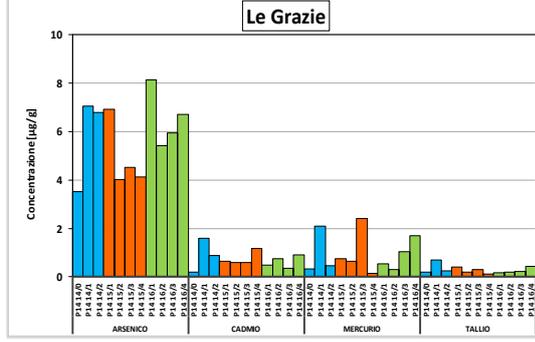
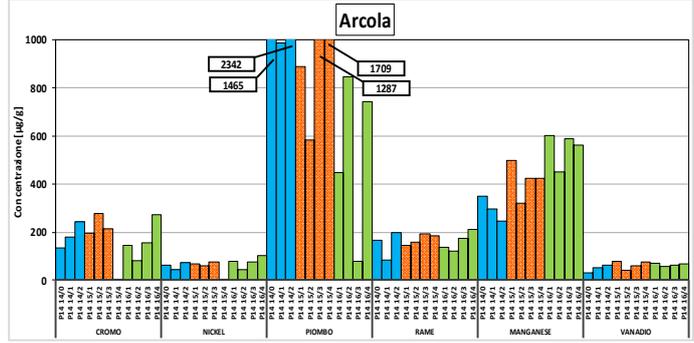
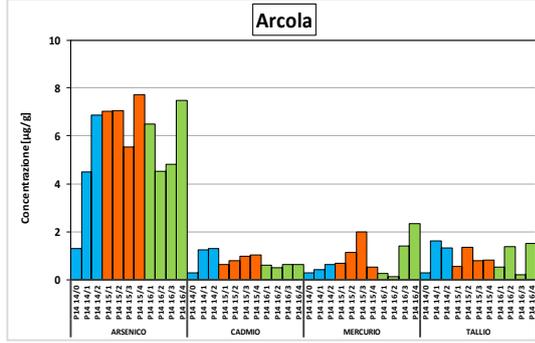
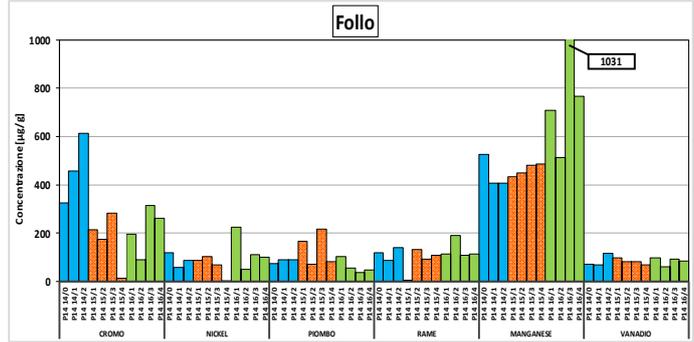
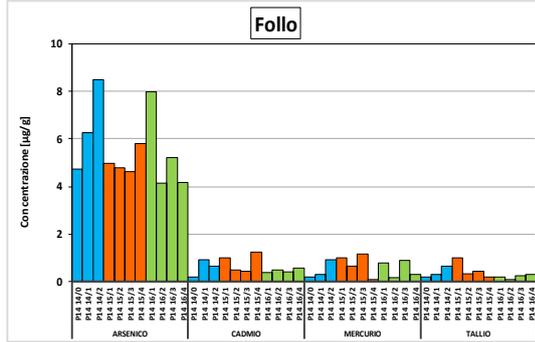
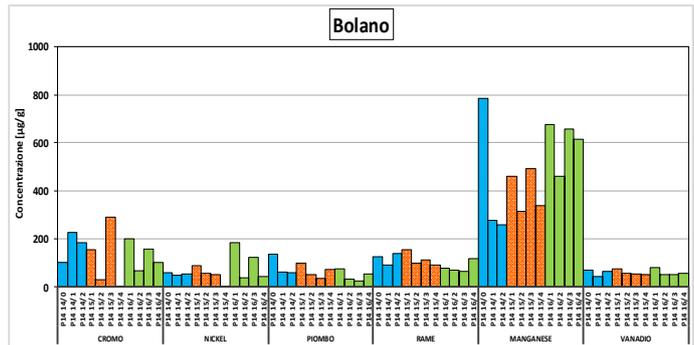
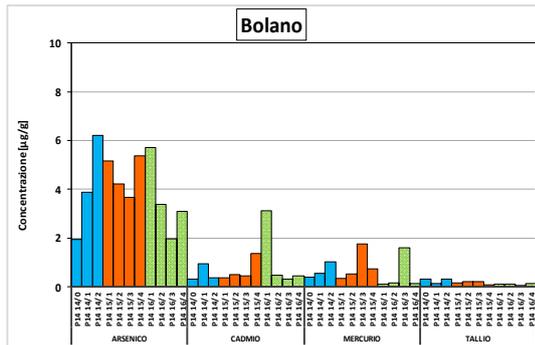
Tabella 74 - Confronto tra i valori medi stagionali (± 1 deviazione standard) per i metalli depositati nelle campagne della prescrizione P14. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$. (*) Nelle postazioni extra-urbane non è inclusa Arcola.

I ratei medi stagionali confermano le osservazioni precedenti, ovvero:

- nelle postazioni **extraurbane**, i ratei medi stagionali di As, Cd, Cr, Pb (esclusa Arcola, descritta in Allegato 2), Cu, Mn, Ni e V sono confrontabili tra di loro e lo sono anche con la postazione di fondo urbano, tenuto conto delle deviazioni standard associate ai dati;
- considerazioni analoghe valgono anche per i ratei medi delle postazioni **urbane**, Fossamastra esclusa, salvo per Ni e Mn che sembrerebbero essere maggiormente depositati in inverno;
- per la postazione di **Fossamastra**, i ratei medi stagionali sono maggiori di quelli riscontrati nelle postazioni urbane e si nota un possibile incremento dei ratei invernali per As, Ni, Pb, Mn e V, da verificare con l'aumento della base dei dati. Per gli altri metalli, i ratei sono invece stagionalmente praticamente equivalenti, indicando una costanza delle pressioni antropiche;
- il confronto tra i ratei della campagna estiva di **bianco**, a Centrale ferma, e quelli delle campagne a Centrale in funzione indica che per le postazioni **extraurbane** i ratei della campagna di bianco sono confrontabili con i ratei medi rilevati sia in estate sia in inverno, tenuto conto della variabilità riscontrata. Lo stesso concetto vale per la postazione di **fondo urbano**, mentre nel caso delle **postazioni urbane**, in cui la stagionalità può comunque essere influente, i ratei della campagna di bianco estiva sono confrontabili con quelli delle campagne estive e con quelli delle invernali, a meno di As, Mn e V;
- in ogni caso, i ratei di deposizione dei metalli come quelli delle polveri sedimentabili, sono ampiamente entro i valori guida come medie annuali adottati in alcune nazioni europee, riportati nel cap. 5, e tipici di ambienti urbani e rurali europei.

7.2.2 Concentrazioni di metalli nelle polveri depositate negli anni

Per valutare le possibili variazioni intervenute nella composizione delle polveri depositate durante le campagne di monitoraggio, si è proceduto al calcolo delle concentrazioni dei metalli maggioritari. Negli istogrammi seguenti sono mostrate appunto le **concentrazioni** in $\mu\text{g}/\text{g}$ dei metalli nelle deposizioni raccolte nel corso delle campagne. In Appendice A7.3 sono riportati i valori numerici di tutte le campagne:



Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
 BS OHSAS 18001
 Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
 Certificato



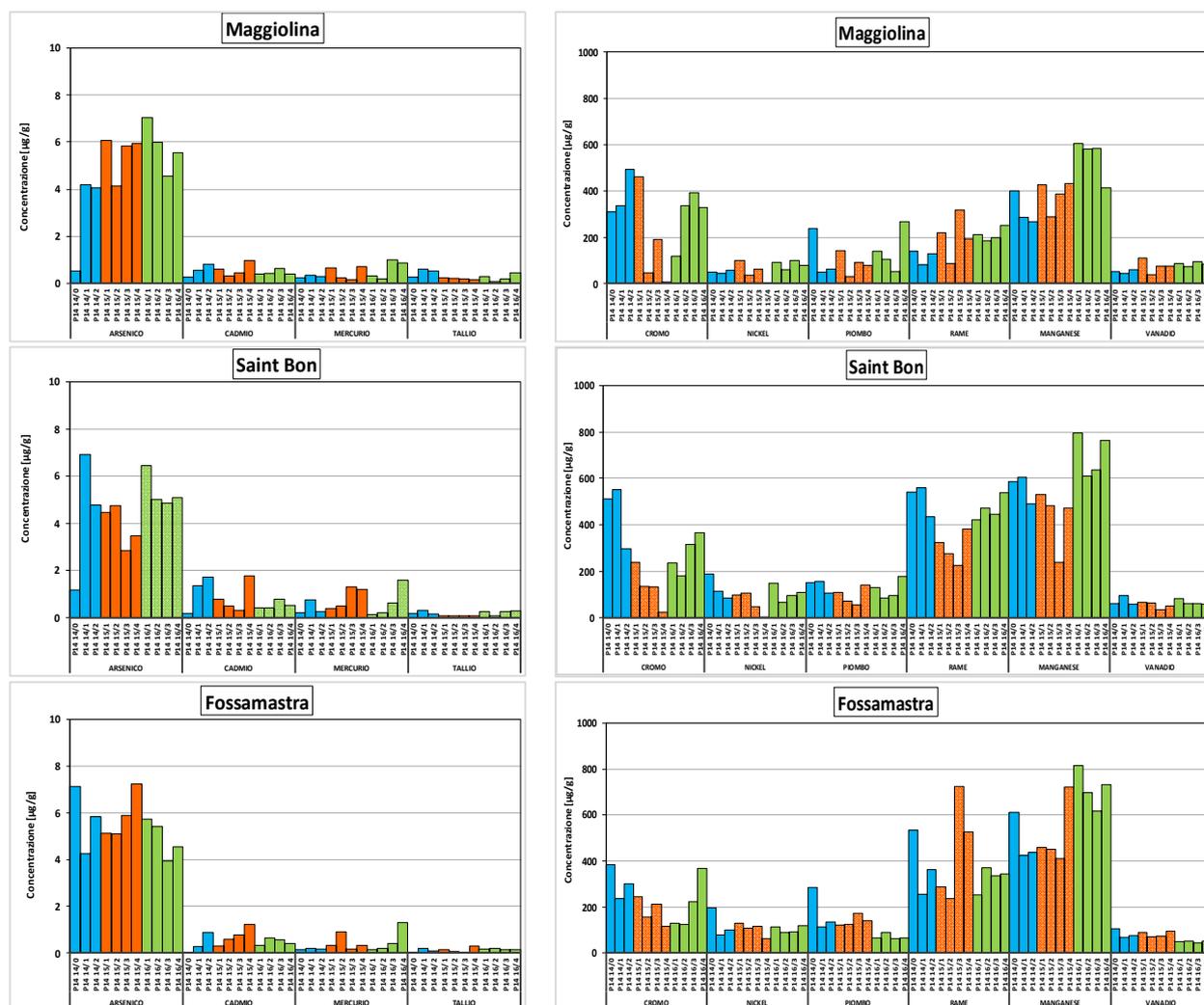


Figura 77 – Confronto delle concentrazioni ($\mu\text{g/g}$) di metalli nelle campagne 2014-'16.

Dai grafici si evidenzia quanto segue:

- la concentrazione di Ni, Pb, Cu e V nelle polveri nelle postazioni **extraurbane** è poco variata nel corso delle campagne ad esclusione di Arcola, in cui si è quasi sempre verificata una elevata deposizione di Pb sin dal 2014 (vedi rapporto **P14 2015**²⁹). Un'analisi dedicata, stante la particolarità del sito, è riportata in Allegato 2;
- nel corso delle campagne, la concentrazione di Cr e Mn nelle polveri è molto variabile, con un lieve effettivo aumento per il Mn nel 2016;
- le massime concentrazioni di Cr nelle polveri si sono avute a Follo e Saint Bon durante le campagne del 2014;
- la concentrazione di Ni, Pb (Arcola esclusa) e V è invece poco variata nelle polveri di tutte le postazioni;
- la concentrazione di Cu nelle polveri nelle postazioni **urbane** è variata negli anni, specie in quelle di Saint Bon e Fossamastra, mentre in quelle extra urbane le variazioni sono molto contenute.

²⁹ Si veda 'Report monitoraggio prescrizione14 - anno 2015' prot. ARPAL nr. 11569 del 14/04/17

La tabella che segue riassume le **concentrazioni medie** dei metalli nelle polveri depositate stagionalmente e della campagna estiva di bianco in ciascuna postazione. Non è stata considerata la campagna invernale **P14 15/2** di Maggiolina per i problemi di sfalcio erboso durante il suo corso (v. sopra). Inoltre, non è stata effettuata la campagna di bianco del 2014 della postazione di Melara.

Media \pm Dev. St. ($\mu\text{g/g}$)	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V	
Bolano	Bianco	7,7	1,3	101	59	136	124	785	70
	Estate	4,0 \pm 1,5	0,6 \pm 0,4	160 \pm 101	52 \pm 40	51 \pm 17	103 \pm 26	439 \pm 174	52 \pm 7
	Inverno	4,6 \pm 1,0	1,1 \pm 1,3	113 \pm 78	92 \pm 65	64 \pm 28	99 \pm 38	478 \pm 149	65 \pm 14
Follo	Bianco	4,7	0,8	326	119	75	119	527	72
	Estate	5,8 \pm 1,5	1,0 \pm 0,8	324 \pm 201	72 \pm 40	95 \pm 64	109 \pm 18	598 \pm 250	86 \pm 18
	Inverno	5,5 \pm 1,7	0,6 \pm 0,3	170 \pm 54	117 \pm 77	99 \pm 50	112 \pm 79	527 \pm 126	85 \pm 18
Arcola	Bianco	10,4	1,1	135	62	1465	166	349	32
	Estate	6,2 \pm 1,4	1,0 \pm 0,3	178 \pm 96	62 \pm 35	1191 \pm 786	174 \pm 45	424 \pm 136	63 \pm 9
	Inverno	6,3 \pm 1,2	0,6 \pm 0,1	176 \pm 82	62 \pm 14	691 \pm 211	141 \pm 15	468 \pm 118	62 \pm 16
Le Grazie	Bianco	3,5	0,8	217	68	122	195	395	56
	Estate	5,9 \pm 1,3	0,9 \pm 0,4	255 \pm 166	65 \pm 38	109 \pm 39	156 \pm 37	511 \pm 184	62 \pm 11
	Inverno	6,1 \pm 1,8	0,6 \pm 0,1	76 \pm 41	87 \pm 46	126 \pm 76	197 \pm 68	352 \pm 143	66 \pm 21
Chiappa	Bianco	6,2	1,4	65	35	83	106	363	41
	Estate	5,3 \pm 2,1	1,2 \pm 1,5	187 \pm 134	72 \pm 47	74 \pm 34	146 \pm 31	388 \pm 158	58 \pm 14
	Inverno	5,9 \pm 0,9	0,6 \pm 0,3	93 \pm 77	123 \pm 126	102 \pm 56	138 \pm 28	399 \pm 149	71 \pm 19
Maggiolina (*)	Bianco	4,9	2,5	468	118	291	344	993	122
	Estate	5,0 \pm 0,9	0,6 \pm 0,2	291 \pm 171	57 \pm 34	100 \pm 83	195 \pm 85	395 \pm 115	72 \pm 19
	Inverno	6,4 \pm 0,6	0,5 \pm 0,1	305 \pm 173	84 \pm 21	130 \pm 21	204 \pm 17	538 \pm 96	91 \pm 18
Saint Bon	Bianco	4,7	0,7	510	188	153	543	587	61
	Estate	4,7 \pm 1,4	1,1 \pm 0,6	281 \pm 185	75 \pm 44	121 \pm 44	432 \pm 120	535 \pm 180	60 \pm 20
	Inverno	5,2 \pm 0,9	0,5 \pm 0,2	196 \pm 50	105 \pm 33	98 \pm 26	374 \pm 89	606 \pm 139	68 \pm 9
Fossamastra	Bianco	7,1	0,4	382	196	284	535	609	104
	Estate	5,3 \pm 1,3	1,0 \pm 0,7	242 \pm 86	93 \pm 22	113 \pm 45	424 \pm 171	556 \pm 151	67 \pm 17
	Inverno	5,3 \pm 0,3	0,5 \pm 0,2	163 \pm 56	109 \pm 15	99 \pm 28	286 \pm 59	604 \pm 181	65 \pm 18
Melara	Bianco	na	na	na	na	na	na	na	na
	Estate	9,2 \pm 3,2	0,7 \pm 0,0	437 \pm 121	71 \pm 15	181 \pm 172	367 \pm 39	628 \pm 167	87 \pm 26
	Inverno	8,2 \pm 3,3	1,5 \pm 0,5	213 \pm 118	88 \pm 32	155 \pm 69	315 \pm 12	768 \pm 340	74 \pm 23

Tabella 75 – Concentrazioni medie dei metalli nelle polveri depositate stagionalmente in ciascuna postazione. Valori in $\mu\text{g/g}$. (*) La concentrazione media invernale di Maggiolina non include il dato della campagna P14 15/2 (v. sopra) na: "not available" (non disponibile).

Dalla tabella precedente emerge che in ogni postazione **extraurbana** e nella postazione di **Chiappa** (fondo urbano) le concentrazioni medie dei metalli nelle polveri depositate, tenuto conto della variabilità associata al dato, sono equivalenti in estate e in inverno, con l'eccezione del Pb di Arcola, del Cr che sembra essere un po' più concentrato nelle polveri estive e del Ni che sembra essere lievemente più concentrato nelle polveri invernali. Data però la grande variabilità associata ai valori medi di Cr e Ni ciò potrebbe essere in realtà casuale e andrà confermato ampliando la base dei dati. A Follo la concentrazione di V sembra leggermente maggiore rispetto alle altre postazioni **extraurbane**, ma non i ratei che sono simili. Questa differenza delle concentrazioni sarà meglio valutata con l'ampliamento della base dati, in quanto il modello diffusionale colloca Follo insieme a Bolano in una delle aree di ricaduta delle emissioni della Centrale, ma quest'ultima non presenta lo stesso andamento e il V è propriamente un tracciante tipico delle emissioni della combustione di olio, insieme al Ni.

Nelle postazioni **urbane** di Maggiolina, Saint Bon e Fossamastra si osserva che le concentrazioni di As, Cd, Pb e V nelle polveri sono stagionalmente equivalenti e anche confrontabili tra le postazioni. Per Melara i dati disponibili sono ancora limitati e con una elevata variabilità. Al momento si nota una concentrazione leggermente maggiore di As,

Pb, Mn e V rispetto alle altre postazioni e ciò andrà verificato nel corso delle prossime campagne.

Per tutte le postazioni **urbane**, come visto sopra per quelle **extra-urbane**, sembra che vi sia una maggiore concentrazione di Cr nelle polveri estive e di Ni in quelle invernali, ma valgono le considerazioni sopra riportate relativamente alla ampia variabilità associata al dato.

Nella tabella che segue sono riassunte le concentrazioni medie per tipologia di postazione e distinte per stagione, ricordando che non è stato considerato il dato della campagna **P14 15/2** di Maggiolina (postazione urbana). Inoltre sono stati esclusi i dati anomali di Pb della postazione di Arcola (postazione extraurbana), per i motivi già citati.

Media \pm Dev. St. ($\mu\text{g/g}$)		As	Cd	Cr	Ni	Pb (*)	Cu	Mn	V
Bianco	P. Extra-urbane	5,3 \pm 2,2	0,9 \pm 0,3	215 \pm 112	82 \pm 32	111 \pm 32	146 \pm 43	569 \pm 198	66 \pm 9
	P. Fondo Urbano	6,2	1,4	65,0	35,4	82,9	105,8	362,7	41,2
	P. Urbane	4,8 \pm 0,2	1,6 \pm 1,3	489 \pm 30	153 \pm 49	222 \pm 98	444 \pm 141	790 \pm 287	92 \pm 43
	Fossamastra	7,1	0,4	382	196	284	535	609	104
Estate	P. Extra-urbane	5,2 \pm 1,6	0,9 \pm 0,6	246 \pm 167	63 \pm 38	85 \pm 49	123 \pm 36	516 \pm 204	67 \pm 19
	P. Fondo Urbano	5,3 \pm 2,1	1,2 \pm 1,5	187 \pm 134	72 \pm 47	74 \pm 34	146 \pm 31	388 \pm 158	58 \pm 14
	P. Urbane	5,9 \pm 2,6	0,8 \pm 0,4	323 \pm 169	67 \pm 34	128 \pm 99	327 \pm 139	506 \pm 173	71 \pm 23
	Fossamastra	5,3 \pm 1,3	1,0 \pm 0,7	242 \pm 86	93 \pm 22	113 \pm 45	424 \pm 171	556 \pm 151	67 \pm 17
Inverno	P. Extra-urbane	5,4 \pm 1,5	0,8 \pm 0,8	120 \pm 67	98 \pm 59	97 \pm 56	136 \pm 74	452 \pm 148	72 \pm 19
	P. Fondo Urbano	5,9 \pm 0,9	0,6 \pm 0,3	93 \pm 77	123 \pm 126	102 \pm 56	138 \pm 28	399 \pm 149	71 \pm 19
	P. Urbane	6,2 \pm 1,8	0,7 \pm 0,5	236 \pm 114	94 \pm 28	121 \pm 39	304 \pm 96	619 \pm 179	77 \pm 17
	Fossamastra	5,3 \pm 0,3	0,5 \pm 0,2	163 \pm 56	109 \pm 15	99 \pm 28	286 \pm 59	604 \pm 181	65 \pm 18

Tabella 76 - Confronto tra le concentrazioni medie stagionali (\pm 1 deviazione standard) per i metalli depositati nelle campagne della P14. Valori in $\mu\text{g/g}$. (*) Nelle postazioni extra-urbane è esclusa Arcola per il Pb.

La tabella precedente conferma buona parte delle osservazioni già riportate, che si possono così riassumere:

- le concentrazioni di As, Cd, Ni, Pb, con l'esclusione di Arcola, Cu, con l'esclusione di Fossamastra, e V sono equivalenti nelle polveri depositate sia in estate sia in inverno nelle postazioni urbane e in quelle extraurbane;
- le polveri estive sembrano essere più concentrate di Cr in estate sia nelle postazioni urbane, Fossamastra compresa, sia in quelle extraurbane;
- la concentrazione di Ni è relativamente omogenea nelle polveri depositate stagionalmente nelle diverse tipologie di postazioni salvo il caso di una deposizione anomala invernale nella postazione di fondo urbano (v. Appendice A7.3) che introduce una maggiore variabilità nel dato medio;
- per Cu e Mn si nota una tendenza ad avere polveri maggiormente concentrate in questi metalli nelle postazioni urbane;
- le concentrazioni di metalli a **Fossamastra**, al contrario dei ratei di deposizione, non sono particolarmente differenti da quelle delle altre postazioni urbane, ad indicare che la polvere della zona ha una composizione simile ad esse, in particolare con quella di Saint Bon, e di granulometria grossolana in quanto le concentrazioni di PM10 sono simili a quelle delle altre postazioni;
- le concentrazioni dei metalli risultano comunque non soggette a variazioni significative legate alla stagione, al tempo e allo spazio indicando una ricaduta

caratteristica del territorio; si ricorda che solo Arcola relativamente al Pb si diversifica rispetto alle altre stazioni (v. Allegato 2).

7.3 Composti organici nelle deposizioni di polveri

7.3.1 Ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Le figure che seguono confrontano i tassi di deposizione di IPA, totali³⁰ e della norma UNI (v. cap. 5), di tutte le campagne effettuate fino al 2016.

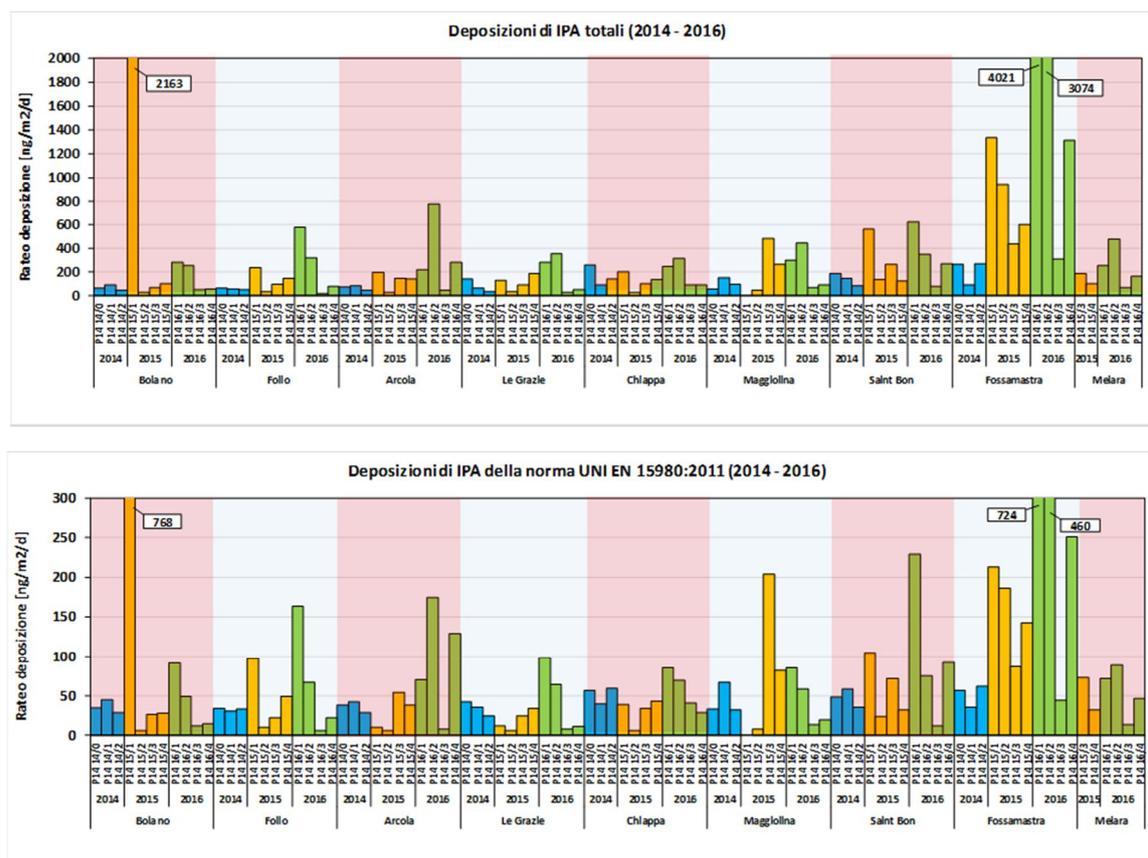


Figura 78 – Deposizioni di IPA totali e della norma UNI EN 15980:2011 nelle campagne del 2014 - 2016.

I dati numerici dei ratei di deposizione degli IPA sono riportati in Appendice A7.4.

Dalla figura precedente, si notano alcuni ratei più elevati rispetto a quelli che vengono rilevati normalmente in ciascuna postazione, legati a eventi anomali, per lo più incendi. Ricordando che l'obiettivo delle valutazioni pluriennali è quello di avere una stima delle deposizioni di IPA che avvengono normalmente stagionalmente, è stata effettuata una selezione critica dei dati, valutando come anomali i ratei di IPA totali superiori a circa 400 ng/m²/d, in quanto è un valore che è ben al di sopra dell'intervallo tipico delle

³⁰ Si ricorda che gli IPA totali comprendono una serie di composti policiclici da fenantrene (tre anelli condensati) a coronene (sei anelli condensati), aventi differente tensione di vapore. Gli IPA della norma UNI comprendono IPA ad alto peso molecolare, poco volatili, prevalentemente cancerogeni.

deposizioni della zona (19 – 356 ng/m²/d, esclusa Fossamastra). Nel prospetto seguente sono indicati i ratei di deposizione di IPA classificabili come eventi anomali:

Campagna	Stagione	Evento anomalo	Note
P14 14/0 (bianco)	estate	<ul style="list-style-type: none"> Chiappa: elevato valore per tipo di postazione non associabile ad evento noto 	Il rateo rilevato a Chiappa (258 ng/m ² /d) è stato utilizzato in quanto inferiore a 400 ng/m ² /d ma appare anomalo per il tipo di postazione
P14 15/1	inverno	<ul style="list-style-type: none"> Bolano: elevato valore associabile ad incendio boschivo; Maggiolina: rottura del deposimetro (nessun dato); Saint Bon: lavori stradali e asfaltatura con emissioni di fumi. 	Sono stati esclusi i ratei di Bolano (2163 ng/m ² /d) e Saint Bon (552 ng/m ² /d).
P14 15/3	estate	<ul style="list-style-type: none"> Maggiolina: elevato valore di IPA per lavori asfaltatura 	E' stato escluso il dato di Maggiolina (482 ng/m ² /d)
P14 16/1	inverno	<ul style="list-style-type: none"> Follo, Saint Bon, Fossamastra: influenze da ceneri dell'incendio in zona Fossamastra del 23/03/16. 	Sono stati esclusi i ratei di Follo (580 ng/m ² /d), Saint Bon (621 ng/m ² /d) e Fossamastra (4021 ng/m ² /d).
P14 16/2	inverno	<ul style="list-style-type: none"> Fossamastra, Melara e Maggiolina: influenze da ceneri dell'incendio in zona Fossamastra del 23/03/16. Arcola: influenzata da una sorgente locale, particolarmente elevata durante la campagna. 	Sono stati esclusi i ratei di, Fossamastra (3074 ng/m ² /d), Melara (479 ng/m ² /d), Maggiolina (446 ng/m ² /d), Arcola (781 ng/m ² /d).

Tabella 77 – Campagne con ratei di deposizione di IPA con valori anomali.

Per le postazioni di **Fossamastra** e **Melara** sono stati esclusi solo i dati riferibili all'incendio dell'edificio civile prossimo alla postazione di Fossamastra, visibili nelle deposizioni delle campagne **P14 16/1** e **16/2**.

E' stato mantenuto il dato di **Maggiolina** della campagna **P14 15/2**, escluso per le valutazioni statistiche di polveri e metalli, in quanto il rateo di IPA rilevato non risulta influenzato dalle operazioni di sfalcio (v. sopra), ma sono stati esclusi i ratei della campagna **P14 15/3** per le influenze di lavori di asfaltatura nelle vie adiacenti alla postazione e della campagna **P14 16/2**, per le influenze dell'incendio di Fossamastra, poco distante dalla postazione.

Per massima completezza, la tabella che segue riporta il confronto tra le medie stagionali di deposizione degli IPA totali e della norma UNI (v. cap. 2), utilizzando tutti i dati (a sinistra) e quelle con eliminazione dei dati anomali di Tabella 77, evidenziate in verde. A **Melara**, come sopra introdotto, non è stata effettuata una campagna di bianco, in quanto attiva solo a partire dal 2016. I valori sono espressi in ng/m²/d:

Postazione	Stagione	Ratei inclusi i dati anomali		Ratei esclusi i dati anomali	
		Rateo degli IPA Totali	Rateo degli IPA Norma UNI	Rateo degli IPA Totali	Rateo degli IPA Norma UNI
Bolano	Bianco (*)	61	35	61	35
	Estate	68±22	26±12	68±22	26±12
	Inverno	682±994	229±361	188±137	49±43
Follo	Bianco (*)	63	34	63	34
	Estate	74±44	27±14	74±44	27±14
	Inverno	293±225	85±64	197±145	58±44
Arcola	Bianco (*)	73	38	73	38
	Estate	124±88	50±42	124±88	50±42
	Inverno	307±327	65±79	149±103	29±36
Le Grazie	Bianco (*)	140	42	140	42
	Estate	77±59	23±12	77±59	23±12
	Inverno	202±144	45±44	202±144	45±44
Chiappa	Bianco (*) ^(^)	258	57	258	57
	Estate	108±25	41±10	108±25	41±10
	Inverno	199±121	50±35	199±121	50±35
Maggiolina	Bianco (*)	57	33	57	33
	Estate	192±159	70±71	134±80	43±30
	Inverno	264±201	50±39	173±177	47±54
Saint Bon	Bianco (*)	188	48	188	48
	Estate	162±86	50±29	162±86	50±29
	Inverno	415±218	108±87	244±151	50±36
Fossamastra	Bianco (*)	263	57	263	57
	Estate	504±432	104±82	504±432	104±82
	Inverno	2343±1453	396±251	1138±280	200±19
Melara	Bianco (*)	ND	ND	ND	ND
	Estate	132±55	42±25	132±55	42±25
	Inverno	367±159	81±12	254±n.d. (*)	72±n.d. (*)

Tabella 78 – Ratei medi ± Dev. St. degli IPA totali e della norma UNI, esclusi i valori di tab. 7-8. (*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabili. (^) il dato di Chiappa è stato mantenuto ma si ritiene che non sia rappresentativo (v. testo). ND - Dato non disponibile. Valori in ng/m²/d.

Nel complesso, come evidenziato nei rapporti precedenti, le deposizioni di IPA alla Spezia sono generalmente basse, salvo casi particolari (Arcola, Fossamastra e eventi anomali quali incendi, lavori edili, asfaltature – v. Tabella 77).

Facendo riferimento ai ratei di deposizione degli **IPA totali**, depurati dei dati anomali e tenendo conto della variabilità dei dati, si evidenzia che esiste una modesta differenziazione tra postazioni extraurbane ed urbane, a parità di stagione, con ratei lievemente maggiori in queste ultime, a meno di Fossamastra che rappresenta una singolarità. Per gli **IPA della Norma UNI**, la differenziazione è meno accentuata e presuppone una distribuzione spaziale relativamente omogenea.

Inoltre, vi è una generale dipendenza delle deposizioni degli **IPA totali** dalla stagionalità, con valori più elevati in inverno, attribuibile alla maggiore pressione antropica nel periodo invernale. Nel caso delle postazioni **extraurbane**, pur in un ambito di deposizioni non particolarmente elevate, si nota comunque circa un raddoppio dei ratei di deposizione, mentre nelle postazioni **urbane**, esclusa Fossamastra, l'aumento è di minore entità.

Tale andamento non è riscontrabile però ad Arcola, in quanto è maggiormente influente il fenomeno locale (v. Allegato 2).

Una dipendenza stagionale è rilevabile anche per le deposizioni degli IPA della Norma **UNI** (IPA cancerogeni), ma non per quelle delle postazioni urbane di Chiappa (fondo urbano), Maggiolina, Saint Bon che rimangono equivalenti non solo stagionalmente ma anche come entità, descrivendo un inquinamento diffuso nell'area urbana.

Fossamastra rappresenta anche per le deposizioni degli IPA un caso a sé, in quanto si riscontrano ratei molto più elevati delle altre postazioni urbane con un deciso aumento

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



nel periodo invernale, presumibilmente a causa delle sfavorevoli condizioni meteorologiche in quanto le pressioni industriali rimangono stagionalmente relativamente costanti.

Nella tabella che segue sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard dei ratei di deposizione rilevati nelle postazioni suddivise in urbane e extra-urbane nella campagna di bianco (**campagna P14 14/0**) e nelle **campagne estive e invernali**. La postazione di Fossamastra, per via della singolarità delle sue deposizioni, è mantenuta separata dalle altre urbane. Allo stesso modo, la postazione Chiappa di fondo urbano è stata mantenuta separata da quelle urbane, in quanto ha caratteristiche di deposizione simili a quelle extraurbane e consente di valutare meglio le pressioni antropiche di quelle propriamente urbane. I valori sono in $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$.

	Media \pm Dev. St. ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$)	Ratei inclusi i dati anomali		Ratei esclusi i dati anomali	
		Rateo degli IPA TOT	Rateo degli IPA Norma UNI	Rateo degli IPA TOT	Rateo degli IPA Norma UNI
Bianco (*)	P. Extra-urbane	84	37	84	37
	P. Fondo Urbano	258	57	258	57
	P. Urbane	123	41	123	41
	Fossamastra	263	57	263	57
Estate	P. Extra-urbane	86 \pm 59	32 \pm 25	86 \pm 59	32 \pm 25
	P. Fondo Urbano	108 \pm 25	41 \pm 10	108 \pm 25	41 \pm 10
	P. Urbane	165 \pm 110	55 \pm 47	144 \pm 73	46 \pm 27
	Fossamastra	504 \pm 432	104 \pm 82	504 \pm 432	104 \pm 82
Inverno	P. Extra-urbane	371 \pm 519	106 \pm 185	185 \pm 119	45 \pm 38
	P. Fondo Urbano	199 \pm 121	50 \pm 35	199 \pm 121	50 \pm 35
	P. Urbane	329 \pm 187	80 \pm 67	217 \pm 123	53 \pm 34
	Fossamastra	2343 \pm 1453	396 \pm 251	1138 \pm 280	200 \pm 19

Tabella 79 – Ratei medi \pm Dev. St. degli IPA totali e della norma UNI, esclusi i valori di tab. 7-8. (*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabili. Valori in $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$.

Riferendosi ai dati depurati dei valori anomali valgo le osservazioni sopra riportate, così riassumibili:

- considerando la stagione si ha poca differenza dei ratei di IPA totali e Norma UNI tra postazioni extra urbane e urbane, escluso Fossamastra. Gli IPA sembrano quindi diffusi in maniera piuttosto omogenea stagionalmente sull'intera area della Spezia;
- all'interno di ciascuna classe di tipologia di postazione, si nota una variazione stagionale degli IPA totali, con aumento in inverno, non così evidente per gli IPA della norma UNI;
- Fossamastra ha sempre una forte pressione antropica più accentuata in inverno.

7.3.2 Ratei di deposizione di benzo(a)pirene

La figura che segue confronta i tassi di deposizione di benzo(a)pirene (BaP) in tutte le campagne effettuate fino al 2016:

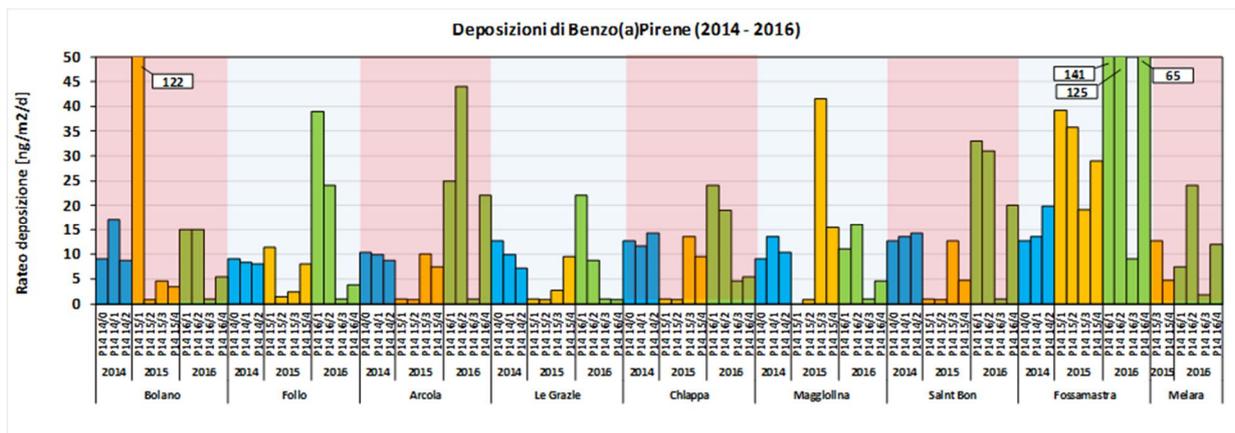


Figura 79 – Confronto dei ratei di deposizione medi di BaP nelle campagne 2014-2016.

I dati numerici dei ratei di deposizione del BaP sono riportati in Appendice A7.4. Dalla figura precedente, si notano alcuni ratei più elevati di BaP rispetto a quelli che vengono rilevati normalmente in ciascuna postazione, e sono legati agli eventi anomali, discussi in precedenza per i ratei degli IPA totali e della norma UNI (v. Tabella 77).

Per completezza, la tabella che segue riporta il confronto tra le medie stagionali di tutti i dati e quelle con eliminazione dei dati anomali di Tabella 77, evidenziate in verde. I valori sono espressi in $ng/m^2/d$.

Postazione	Ratei inclusi i dati anomali		Ratei esclusi i dati anomali	
	Rateo del B(a)P		Rateo del B(a)P	
Bolano	Bianco (*)	9	9	
	Estate	7±6	7±6	
	Inverno	38±56	10±8	
Follo	Bianco (*)	9	9	
	Estate	5±3	5±3	
	Inverno	19±16	12±11	
Arcola	Bianco (*)	10	10	
	Estate	10±7	10±7	
	Inverno	18±21	9±14	
Le Grazie	Bianco (*)	13	13	
	Estate	5±4	5±4	
	Inverno	8±10	8±10	
Chiappa	Bianco (*)	13	13	
	Estate	10±4	10±4	
	Inverno	11±12	11±12	
Magliolina	Bianco (*)	9	9	
	Estate	14±14	9±6	
	Inverno	9±8	6±7	
Saint Bon	Bianco (*)	13	13	
	Estate	11±7	11±7	
	Inverno	18±17	16±21	
Fossamastra	Bianco (*)	13	13	
	Estate	26±20	26±20	
	Inverno	85±56	38±2	
Melara	Bianco (*)		ND	
	Estate	8±5	8±5	
	Inverno	16±12	7±n.d. (*)	

Tabella 80 - Ratei medi ± Dev. St. del BaP, esclusi i valori di tab. 8. (*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabili. ND - Dato non disponibile. Valori in $ng/m^2/d$.

Nel caso del BaP, valgono le considerazioni sopra riportate per gli IPA della norma UNI, quindi si osserva una ridotta variabilità delle sue deposizioni tra postazioni extraurbane

ed urbane con anche poche differenziazioni stagionali, salvo il caso di Fossamastra, avente ratei decisamente maggiori di tutte le altre postazioni.

Di seguito, sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard dei ratei di deposizione rilevati nelle postazioni, suddivise in urbane e extra-urbane, nella campagna di bianco (**campagna P14 14/0**) e nelle **campagne estive e invernali**. La postazione di Fossamastra, per via della singolarità delle sue deposizioni, è mantenuta separata dalle altre urbane. Allo stesso modo, la postazione Chiappa di fondo urbano è stata mantenuta separata da quelle urbane, in quanto ha caratteristiche di deposizione simili a quelle extraurbane e consente di valutare meglio le pressioni antropiche di quelle propriamente urbane. I valori sono in $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$.

	Postazione	Ratei inclusi	Ratei esclusi
		dati anomali	dati anomali
		Rateo del B(a)P	Rateo del B(a)P
Bianco (*)	P. Extra-urbane	10	10
	P. Fondo Urbano	13	13
	P. Urbane	11	11
	Fossamastra	13	13
Estate	P. Extra-urbane	7 \pm 5	7 \pm 5
	P. Fondo Urbano	10 \pm 4	10 \pm 4
	P. Urbane	11 \pm 10	9 \pm 6
	Fossamastra	26 \pm 20	26 \pm 20
Inverno	P. Extra-urbane	21 \pm 30	10 \pm 10
	P. Fondo Urbano	11 \pm 12	11 \pm 12
	P. Urbane	16 \pm 13	10 \pm 12
	Fossamastra	85 \pm 56	38 \pm 2

Tabella 81 - Ratei medi \pm Dev. St. del BaP, esclusi i valori di tab. 8. (*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabili. Valori in $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$.

Raggruppando le postazioni e considerando i dati depurati dei dati anomali di Tabella 77, si evidenzia ancora meglio la generale diffusione omogenea del BaP su tutta l'area della Spezia e la particolarità di Fossamastra.

7.4 PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri

In Appendice A7.5 sono riportati i valori numerici dei ratei di deposizione di PCDD/F e PCB rilevati nel corso delle campagne. Tali dati sono confrontati graficamente nelle figure che seguono. L'ultima figura confronta i ratei complessivi di PCDD/F e PCB:

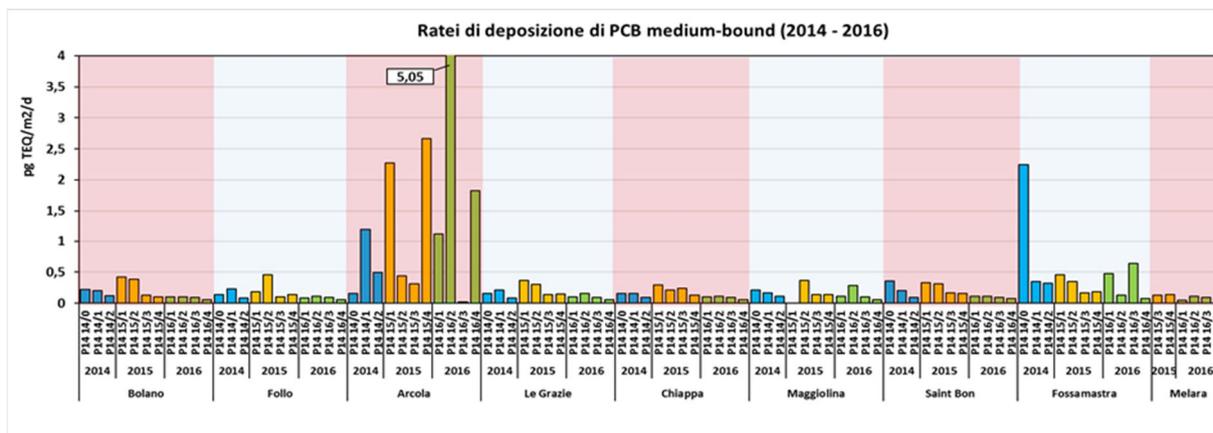
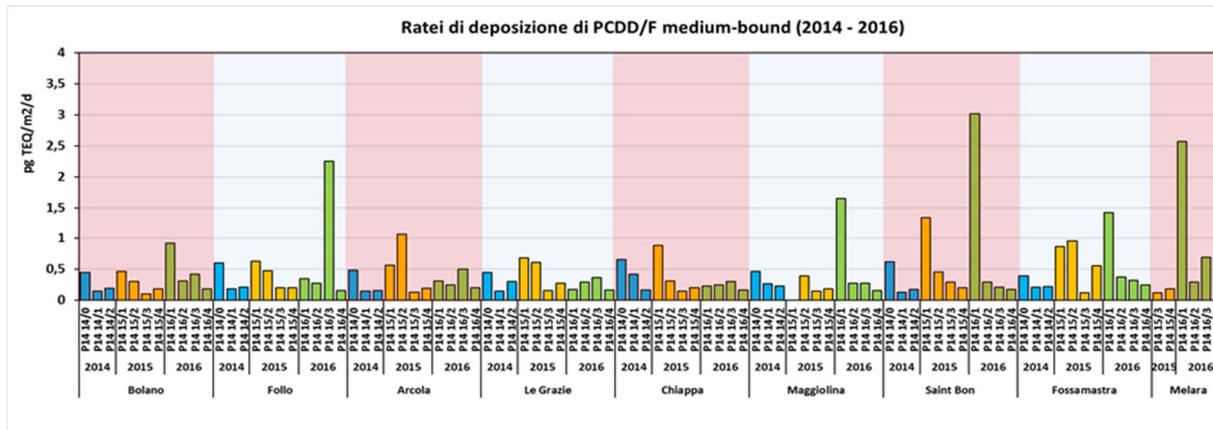


Figura 80 – Confronto dei ratei di deposizione medi di PCDD/F e PCB dl nelle campagne 2014-2016.

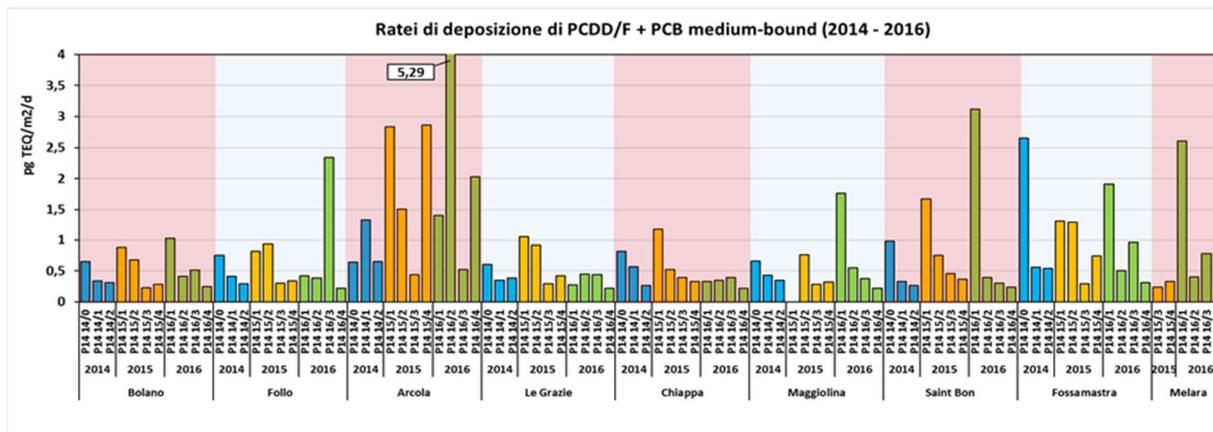


Figura 81 – Ratei di deposizione medi di sommatoria di PCDD/F e PCB nelle campagne 2014-2016.

Dalle figure precedenti si notano alcuni ratei di deposizione di PCDD/F e PCB elevati rispetto all'andamento normalmente riscontrabile nelle postazioni. Ricordando che l'obiettivo delle valutazioni pluriennali è quello di avere una stima delle deposizioni che avvengono normalmente stagionalmente, è stata effettuata una selezione critica dei dati, valutando come anomali i ratei di PCDD/F e PCB superiori rispettivamente a 1 pg TEQ.

Le più elevate deposizioni di PCDD/F sono per la maggior parte riferibili alle conseguenze dell'incendio di un edificio civile a Fossamastra il 23/03/16 durante la campagna **P14 16/1**, che ha influenzato le deposizioni delle postazioni di **Maggiolina, Saint Bon, Fossamastra e Melara** (vedi cap. 2 e cap. 5).

Per quanto riguarda la postazione di **Arcola**, risulta evidente la più elevata deposizione di **PCB**, sempre associata a quella del Pb, che avviene in maniera estemporanea per via una sorgente locale (v. Allegato 2).

Nel prospetto seguente, sono indicati i ratei di deposizione di PCDD/F e PCB classificabili come eventi anomali in quanto maggiori di 1 pg TEQ/m²/d, valore ben superiore agli intervalli normalmente riscontrati (v. Appendice A7.5). Nella tabella non è inserita Arcola per PCB di cui si sono eliminati i dati delle campagne **P14 14/1, 15/1, 15/4, 16/1, 16/2, 16/4** in cui si sono avuti i ratei anomali per la pressione locale descritta in Allegato 2:

Campagna	Stagione	Evento anomalo	Note
P14/0 (bianco)	estate	• Lavori manutenzione alle Torri in banchina ENEL	Esclusa deposizione di PCB (2,25 pg TEQ/m ² /d) a Fossamastra.
P14 15/1	inverno	• Lavori stradali nelle vicinanze della postazione di Saint Bon	Esclusa deposizione di Saint Bon per PCDD/F (1,34 pg TEQ/m ² /d)
P14 15/2	inverno	• Possibili abbruciamenti di materiali plastici nella zona	Esclusa deposizione di Arcola per PCDD/F (1,1 pg TEQ/m ² /d)
P14 16/1	inverno	• Postazioni influenzate dall'incendio a Fossamastra del 23/03/16	Escluse deposizioni di Bolano (0,9 pg TEQ/m ² /d), Maggiolina (1,7 pg TEQ/m ² /d), Saint Bon (3,0 pg TEQ/m ² /d), Fossamastra (1,4 pg TEQ/m ² /d), Melara (2,6 pg TEQ/m ² /d) per PCDD/F
P14 16/3	estate	• Possibili abbruciamenti di materiali plastici nella zona	Esclusa deposizione di Follo per PCDD/F (2,25 pg TEQ/m ² /d)

Tabella 82 – Ratei di deposizione di PCDD/F e PCB non utilizzati per le valutazioni statistiche.

Data la loro peculiarità, i valori dei ratei della tabella precedente, sono stati esclusi nelle medie stagionali riportate nella tabella seguente, in quanto si intende avere una stima statistica delle deposizioni di PCDD/F e PCB che avvengono normalmente, quindi non influenzate da eventi estemporanei. Per chiarezza, la tabella che segue riporta il confronto tra medie stagionali di tutti i dati e quelle con eliminazione dei dati anomali, evidenziate in grigio. I valori sono espressi in pg TEQ/m²/d.

Postazione		Ratei inclusi dati anomali			Ratei esclusi dati anomali		
		TEQ PCDD/F	TEQ PCB dl	TEQ PCDD/F +PCB dl	TEQ PCDD/F	TEQ PCB dl	TEQ PCDD/F +PCB dl
Bolano	Bianco (*)	0,44	0,22	0,65	0,44	0,22	0,66
	Estate	0,20±0,11	0,12±0,05	0,32±0,10	0,20±0,11	0,12±0,05	0,32±0,10
	Inverno	0,50±0,29	0,25±0,17	0,75±0,26	0,36±0,09	0,25±0,17	0,52±0,34
Follo	Bianco (*)	0,60	0,14	0,75	0,60	0,14	0,74
	Estate	0,53±0,84	0,12±0,06	0,65±0,83	0,19±0,02	0,12±0,06	0,27±0,11
	Inverno	0,43±0,16	0,21±0,17	0,64±0,28	0,43±0,16	0,21±0,17	0,64±0,28
Arcola	Bianco (*)	0,48	0,16	0,64	0,48	0,16	0,64
	Estate (#)	0,22±0,14	1,09±1,02	1,31±0,97	0,22±0,14	0,27±0,24	0,55±0,42
	Inverno (*)	0,54±0,37	2,22±2,03	2,76±1,81	0,37±0,17	0,44±n.d.(*)	0,39±0,14
Le Grazie	Bianco (*)	0,44	0,16	0,60	0,44	0,16	0,60
	Estate	0,23±0,09	0,12±0,06	0,35±0,08	0,23±0,09	0,12±0,06	0,35±0,09
	Inverno	0,44±0,25	0,23±0,12	0,67±0,37	0,44±0,25	0,23±0,12	0,67±0,37
Chiappa	Bianco (*)	0,65	0,16	0,81	0,65	0,16	0,81
	Estate	0,23±0,11	0,13±0,06	0,36±0,12	0,23±0,11	0,13±0,06	0,36±0,13
	Inverno	0,42±0,31	0,18±0,09	0,59±0,39	0,42±0,31	0,18±0,09	0,59±0,39
Maggiolina	Bianco (*)	0,46	0,21	0,67	0,46	0,21	0,67
	Estate	0,21±0,06	0,12±0,04	0,33±0,08	0,21±0,06	0,12±0,04	0,33±0,08
	Inverno	0,77±0,76	0,25±0,13	1,02±0,65	0,33±0,08	0,25±0,13	0,47±0,33
Saint Bon	Bianco (*)	0,62	0,36	0,98	0,62	0,36	0,98
	Estate	0,20±0,05	0,13±0,05	0,33±0,08	0,20±0,05	0,13±0,05	0,33±0,08
	Inverno	1,28±1,25	0,22±0,12	1,48±1,22	0,69±0,57	0,22±0,12	0,74±0,68
Fossamastra	Bianco (*)	0,39	2,25	2,65	0,39	-	0,39
	Estate	0,28±0,15	0,29±0,20	0,57±0,26	0,28±0,15	0,29±0,20	0,57±0,25
	Inverno	0,90±0,43	0,36±0,16	1,26±0,58	0,73±0,31	0,36±0,16	0,90±0,47
Melara	Bianco (**)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Estate	0,30±0,26	0,11±0,04	0,41±0,25	0,30±0,26	0,11±0,04	0,41±0,25
	Inverno	1,43±1,61	0,08±0,04	1,51±1,56	0,29±n.d.(*)	0,08±0,04	0,23±0,25

Tabella 83 – Ratei medi stagionali ± Dev. St. per PCDD/F e PCB. (*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabili. (#) – Eliminati dati anomali PCB. (**) ND – campagna non effettuata. Valori in pg TEQ/m²/d.

Nel complesso, come evidenziato nei rapporti precedenti, le deposizioni di PCDD/F e PCB alla Spezia sono generalmente basse, salvo casi particolari (Arcola per i PCB, e eventi anomali, soprattutto incendi – v. Tabella 82). Considerando anche i dati anomali, le deposizioni totali di PCDD/F e PCB non superano i 4 pg TEQ/m²/d come media annuale e quindi non eccedono il valore proposto come guida (v. par. 5.4.2).

Facendo riferimento ai ratei di deposizione depurati dei dati anomali e tenendo conto della loro variabilità, si evidenzia che esiste una ridotta differenziazione tra le postazioni urbane ed extraurbane a parità di stagione, ma si coglie una dipendenza dalla stagionalità per PCDD/F, con un aumento in inverno, generalizzato a tutte le postazioni mentre questo andamento è meno evidente per i PCB. Queste osservazioni non sono però estendibili ad Arcola che rappresenta una singolarità per la estemporaneità delle deposizioni soprattutto di PCB (v. Allegato 2) che si traducono in una pressione antropica ripetitiva e locale.

Da notare che i ratei della campagna di bianco estiva (P14 14/0) sono più simili ai ratei medi invernali piuttosto che a quelli estivi.

Per avere una visione degli andamenti delle deposizioni entro e fuori l'area urbana, nella tabella che segue sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard dei ratei di deposizione suddivisi, per l'appunto per le postazioni urbane e extra-urbane nella campagna di bianco (campagna P14 14/0) e nelle campagne estive e invernali. La postazione di Fossamastra, per via della singolarità delle sue deposizioni, è separata dalle altre urbane, così come la postazione di Chiappa, di fondo urbano, in quanto ha caratteristiche di deposizione simili a quelle extraurbane e consente di valutare meglio le pressioni antropiche di quelle propriamente urbane. Per via delle peculiarità delle deposizioni di PCB, anche Arcola è stata separata dalle altre postazioni extraurbane. La

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
 BS OHSAS 18001
 Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
 Certificato



parte sinistra della tabella riporta i ratei medi stagionali **inclusi** dei dati anomali indicati in Tabella 82 mentre la parte destra della tabella riporta i ratei medi stagionali ottenuti **escludendo** i ratei anomali, evidenziati con sfondo verde. I valori sono espressi in pg TEQ/m²/d.

Tipo postazioni		Ratei inclusi dati anomali			Ratei esclusi dati anomali		
		TEQ PCDD/F	TEQ PCB dl	TEQ PCDD/F+PCB dl	TEQ PCDD/F	TEQ PCB dl	TEQ PCDD/F+PCB dl
Bianco	P. Extra-urbane (*)	0,49	0,17	0,67	0,49	0,17	0,67
	P. Fondo Urbano (*)	0,65	0,16	0,81	0,65	0,16	0,81
	P. Urbane (*)	0,54	0,29	0,82	0,54	0,29	0,83
	Fossamastra (*)	0,39	2,25	2,65	0,39	-	0,39
	Arcola (*)	0,48	0,16	0,64	0,48	0,16	0,64
Estate	P. Extra-urbane	0,32±0,49	0,12±0,05	0,44±0,48	0,21±0,08	0,12±0,05	0,31±0,10
	P. Fondo Urbano	0,23±0,11	0,13±0,06	0,36±0,12	0,23±0,11	0,13±0,06	0,36±0,13
	P. Urbane	0,23±0,13	0,12±0,04	0,35±0,13	0,23±0,13	0,12±0,04	0,35±0,13
	Fossamastra	0,28±0,15	0,29±0,20	0,57±0,26	0,28±0,15	0,29±0,20	0,57±0,25
	Arcola	0,22±0,14	1,09±1,02	1,31±0,97	0,22±0,14	0,50±0,50	0,55±0,42
Inverno	P. Extra-urbane	0,45±0,22	0,23±0,14	0,68±0,28	0,41±0,17	0,23±0,14	0,61±0,31
	P. Fondo Urbano	0,42±0,31	0,18±0,09	0,59±0,39	0,42±0,31	0,18±0,09	0,59±0,39
	P. Urbane	1,14±1,07	0,20±0,12	1,33±1,01	0,51±0,42	0,20±0,12	0,53±0,50
	Fossamastra	0,90±0,43	0,36±0,16	1,26±0,58	0,73±0,31	0,36±0,16	0,90±0,47
	Arcola	0,54±0,37	2,22±2,03	2,76±1,81	0,37±0,17	0,44±n.d. (*)	0,39±0,14

Tabella 84 –. Ratei medi stagionali ± Dev. St. per PCDD/F e PCB. Media ± Dev. St. Valori in pg TEQ/m²/d. (*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabile. (*) dato singolo).

La tabella precedente evidenzia quanto segue:

- le deposizioni invernali e quelle estive sono sempre tutte risultate di valori estremamente modesti, eccetto i casi anomali evidenziati in precedenza;
- PCDD/F sono simili in estate tra urbane e extraurbane;
- in tutte le postazioni il rateo medio invernale risulta circa il doppio di quello estivo;
- ad Arcola il confronto stagionale è più difficile per la estemporaneità delle deposizioni di PCB (Allegato 2).

7.5 Specie ioniche nelle deposizioni delle polveri

Nel protocollo analitico è stato previsto di determinare anche alcune specie ioniche utilizzando i campioni raccolti dai deposimetri per specie inorganiche. Trattandosi di deposimetri del tipo “bulk”, le specie ioniche sono la somma di quelle presenti nelle deposizioni umide (piogge) e nelle deposizioni secche di polveri sedimentabili. I dati numerici dei ratei di deposizione delle specie ioniche del 2014 – 2016 sono riportati in appendice A7.6. Nei grafici che seguono sono presentati i risultati delle deposizioni di nitrati e solfati non marini e quelle di sodio e cloro nei tre anni di monitoraggio.

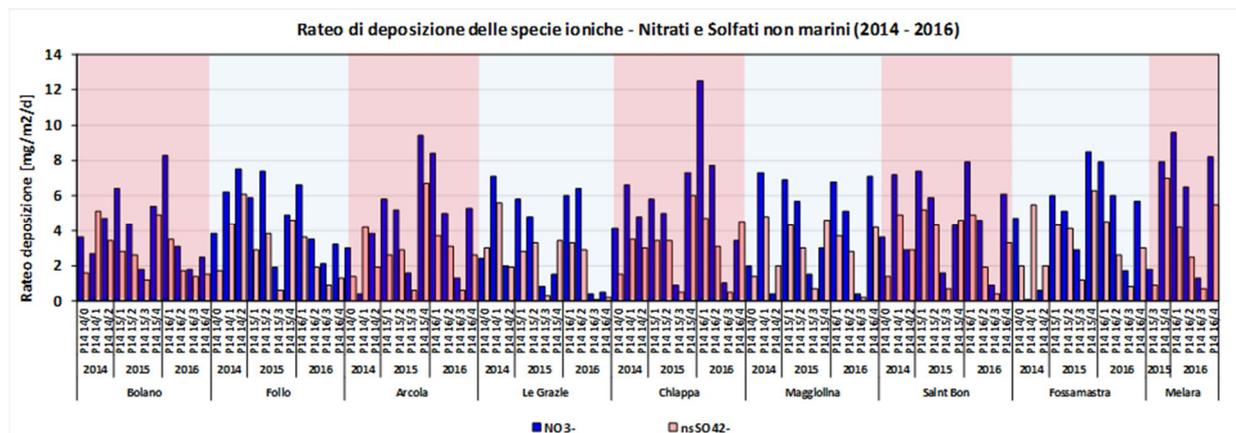


Figura 82 - Ratei di deposizione di nitrati e solfati non marini (v. testo) nel 2014-16. Valori in mg/m²/d.

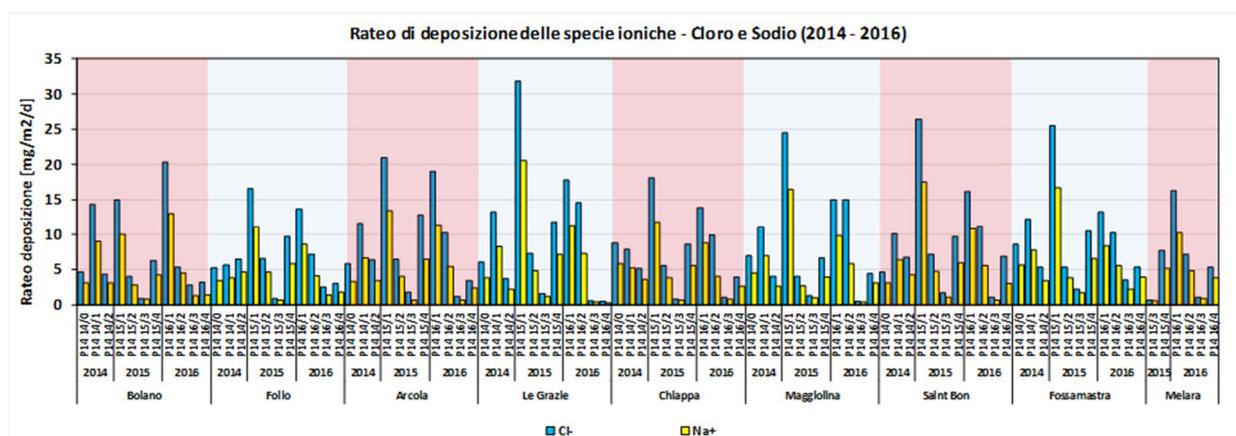


Figura 83 - Ratei di deposizione di cloruri e sodio nel 2014-16. Valori in mg/m²/d.

Nella tabella che segue sono riassunti i risultati di deposizione delle specie ioniche dei tre anni di monitoraggio mediati stagionalmente (Media \pm 1 Deviazione Standard), escludendo dalle medie la campagna di bianco. I valori di ratei di deposizione delle specie ioniche della campagna **P14 15/2** a Magliolina sono stati mantenuti, al contrario di quelle delle polveri e dei metalli (v. sopra), in quanto non risultano influenzati dai valori di sfalcio. I valori sono espressi in mg/m²/d:

Media ± Dev. St. (mg/m ² /d)	Ca2+	Na+	Mg2+	K+	NH4+	Cl-	NO3-	SO42-	nsSO42-
Bolano	Bianco 1,9	3,1	0,5	0,4	0,9	4,6	3,6	2,2	1,6
	Estate 3,3±1,4	3,3±3,1	0,6±0,4	1,4±1,7	0,7±0,5	5,3±4,8	3,2±1,5	3,7±2,4	2,9±1,8
	Inverno 4,4±1,1	7,6±4,7	1,0±0,4	1,2±1,0	1,0±0,9	11,2±7,8	5,6±2,3	4,2±1,8	2,7±0,7
Follo	Bianco 2,7	3,4	0,6	0,3	0,4	5,2	3,8	2,4	1,7
	Estate 2,7±1,5	3,0±2,0	0,4±0,3	0,3±0,1	0,7±0,8	4,7±3,2	4,3±2,3	3,6±2,7	3,0±2,3
	Inverno 3,3±1,2	7,1±3,3	0,8±0,2	0,7±0,4	1,2±0,7	11,0±4,9	5,9±1,7	4,6±1,2	3,1±0,9
Arcola	Bianco 3,0	3,3	0,5	0,5	0,4	5,8	3,0	2,3	1,4
	Estate 3,3±2,4	3,4±2,7	0,6±0,6	0,4±0,2	0,5±0,4	6,2±5,0	3,6±3,3	3,6±3,0	2,8±2,4
	Inverno 4,9±0,6	8,6±4,6	1,1±0,4	1,2±0,8	1,1±1,0	14,2±7,0	6,1±1,6	5,1±1,1	3,1±0,5
Le Grazie	Bianco 5,7	3,8	0,7	0,6	0,3	6,0	2,4	3,9	3,0
	Estate 1,7±1,4	3,3±3,6	0,4±0,5	0,3±0,3	0,3±0,4	5,2±5,8	2,1±2,5	2,6±3,0	1,9±2,2
	Inverno 4,0±1,0	11,0±6,9	1,4±0,8	0,8±0,1	0,9±0,7	17,9±10,3	5,8±0,7	5,6±1,3	3,1±0,3
Chiappa	Bianco 2,4	5,8	0,7	0,7	0,0	8,8	4,1	2,7	1,5
	Estate 1,9±1,0	3,1±2,1	0,4±0,3	0,8±0,7	2,6±4,8	4,6±3,3	4,0±2,7	3,6±2,6	3,0±2,2
	Inverno 3,3±1,1	7,1±3,9	0,8±0,4	0,7±0,4	1,6±1,7	11,9±5,4	7,8±3,4	5,3±1,2	3,7±0,7
Maggiolina	Bianco 3,6	4,5	0,7	0,9	0,0	7,0	2,0	2,4	1,4
	Estate 2,6±1,7	3,0±2,4	0,5±0,4	0,5±0,2	0,6±0,7	4,7±3,9	3,3±3,2	3,4±2,5	2,8±2,0
	Inverno 5,2±1,3	8,7±6,0	1,2±0,6	0,6±0,4	0,8±0,6	14,6±8,4	6,1±0,9	5,5±1,8	3,5±0,7
Saint Bon	Bianco 4,1	3,1	0,5	0,5	0,6	4,6	3,6	2,0	1,4
	Estate 4,4±2,6	3,5±2,4	0,7±0,5	0,7±0,5	0,5±0,5	6,1±3,9	3,8±2,5	3,7±2,4	2,8±1,9
	Inverno 10,2±3,3	9,6±5,9	1,6±0,9	0,9±0,4	1,7±0,9	15,3±8,3	6,5±1,5	6,2±2,3	4,1±1,5
Fossamastra	Bianco 6,1	5,6	0,8	0,5	0,3	8,6	4,7	3,2	2,0
	Estate 5,1±3,3	4,3±2,4	0,8±0,6	0,3±0,2	0,4±0,3	6,5±4,0	3,3±3,3	4,1±2,8	3,1±2,3
	Inverno 14,7±3,8	8,6±5,7	1,7±1,0	0,6±0,2	0,7±0,6	13,6±8,6	6,3±1,2	5,8±1,7	3,9±0,9
Melara	Bianco (*) ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Estate 3,2±2,8	2,6±2,2	0,7±0,7	0,4±0,5	0,7±0,7	3,7±3,4	4,8±3,8	4,1±3,7	3,5±3,2
	Inverno 5,3±0,5	7,5±3,8	0,9±0,1	0,9±0,1	1,8±1,3	11,8±6,4	8,1±2,2	5,0±2,1	3,4±1,2

Tabella 85 – Ratei stagionali delle deposizioni di specie ioniche nel 2014-16. (*) ND – campagna non effettuata. Valori in mg/m²/d.

Dalla tabella precedente emerge quanto segue:

- le deposizioni delle specie ioniche sono sempre risultate di valori estremamente modesti e non sono stati individuati come per le altre specie chimiche valori di deposizione anomala;
- il rateo medio invernale risulta maggiore di quello estivo per tutte le postazioni, in modo più accentuato per le urbane, probabilmente legato a fattori meteorologici.

Nella tabella che segue sono riassunti i ratei di deposizioni medi per tipologia di postazione e distinti per stagione:

	Media ± Dev. St. (mg/m ² /d)	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nsSO ₄ ²⁻
Bianco	P. Extra-urbane	3,3	3,4	0,6	0,5	0,5	5,4	3,2	2,7	1,9
	P. Fondo Urbano	2,4	5,8	0,7	0,7	0,0	8,8	4,1	2,7	1,5
	P. Urbane	3,9	3,8	0,6	0,7	0,3	5,8	2,8	2,2	1,4
	Fossamastra	6,1	5,6	0,8	0,5	0,3	8,6	4,7	3,2	2,0
Estate	P. Extra-urbane	2,8±1,8	3,2±2,7	0,5±0,4	0,6±0,9	0,5±0,6	5,4±4,5	3,3±2,5	3,4±2,6	2,6±2,1
	P. Fondo Urbano	1,9±1,0	3,1±2,1	0,4±0,3	0,8±0,7	2,6±4,8	4,6±3,3	4,0±2,7	3,6±2,6	3,0±2,2
	P. Urbane	3,4±2,3	3,1±2,2	0,6±0,5	0,6±0,4	0,6±0,6	4,9±3,6	3,9±2,9	3,7±2,6	3,0±2,2
	Fossamastra	5,1±3,3	4,3±2,4	0,8±0,6	0,3±0,2	0,4±0,3	6,5±4,0	3,3±3,3	4,1±2,8	3,1±2,3
Inverno	P. Extra-urbane	4,1±1,1	8,6±4,8	1,0±0,5	1,0±0,6	1,1±0,7	13,5±7,5	5,8±1,5	4,8±1,3	3,0±0,6
	P. Fondo Urbano	3,3±1,1	7,1±3,9	0,8±0,4	0,7±0,4	1,6±1,7	11,9±5,4	7,8±3,4	5,3±1,2	3,7±0,7
	P. Urbane	7,2±3,3	8,8±5,1	1,3±0,7	0,8±0,4	1,3±0,9	14,3±7,3	6,6±1,5	5,7±1,9	3,7±1,1
	Fossamastra	14,7±3,8	8,6±5,7	1,7±1,0	0,6±0,2	0,7±0,6	13,6±8,6	6,3±1,2	5,8±1,7	3,9±0,9

Tabella 86 - Ratei stagionali delle deposizioni di specie ioniche nel 2014-16 per tipologia di postazione. Valori in mg/m²/d.

La tabella precedente conferma quanto sopra riportato:

- il rateo medio di deposizione delle specie ioniche è abbastanza confrontabile tra differenti tipologie di postazione per ogni stagione a meno del Ca²⁺ e NH₄⁺ nella postazione di fondo urbano e a Fossamastra, probabilmente influenzati da differenti pressioni locali e sarà valutato nelle prossime campagne;
- nelle postazioni extra-urbane e urbane, compresa Fossamastra, i ratei medi invernali risultano circa il doppio di quelli estivi, eccetto che per il SO₄²⁻ che è equivalente sia in estate che in inverno probabilmente a causa del bilanciamento delle pressioni antropiche insistenti in entrambi le stagioni.

7.6 Andamento del PM₁₀, metalli e specie organiche

In questo paragrafo sono valutati i valori e gli andamenti delle concentrazioni di PM₁₀, metalli e specie organiche rilevate nel corso delle campagne della prescrizione 14 effettuate dal 2014 fino al 2016 nelle postazioni aggiuntive di Le Grazie, Chiappa e Follo, inserite nel protocollo di attuazione. Sono stati anche effettuati confronti con il PM₁₀ di alcune postazioni della RQA che sono state ritenute rappresentative dell'area urbana: Maggiolina, Fossamastra e Saint Bon per le concentrazioni gravimetriche di PM₁₀, Maggiolina, Fossamastra e Amendola per il contenuto in metalli e benzo(a)pirene del PM₁₀.

I campionamenti giornalieri di PM₁₀ sono stati effettuati a partire da mezzanotte fino alla mezzanotte del giorno successivo per circa un mese per ogni campagna della prescrizione **P14**. Per facilità di lettura, si riportano nel prospetto che segue i periodi delle campagne di PM₁₀ relative alla prescrizione 14 che differiscono di qualche giorno da quelle della campagne dei deposimetri riportata sopra:

Codifica	Data	Note
P14 14/0	28/05 – 16/06/14	Campagna di "bianco"
P14 14/1	08/07 – 07/08/14	Campagna di monitoraggio estiva
P14 14/2	08/08 – 08/09/14	Campagna di monitoraggio estiva
P14 15/1	19/01 - 19/02/15	Campagna di monitoraggio invernale
P14 15/2	19/02 - 24/03/15	Campagna di monitoraggio invernale
P14 15/3	17/06 - 17/07/15	Campagna di monitoraggio estiva
P14 15/4	17/07 - 26/08/15	Campagna di monitoraggio estiva
P14 16/1	26/02 – 30/03/16	Campagna di monitoraggio inv.- prim.
P14 16/2	30/03 - 27/04/16	Campagna di monitoraggio inv.- prim.
P14 16/3	28/06 - 27/07/16	Campagna di monitoraggio estiva
P14 16/4	28/07 - 31/08/16	Campagna di monitoraggio estiva

Tabella 87 - Campagne eseguite per la prescrizione 14.

Nella figura che segue, sono riportate gli andamenti temporali del PM10 a Chiappa, Le Grazie e Follo nelle campagne di monitoraggio 2014-2016. I campioni giornalieri gestiti direttamente da ARPAL sono evidenziati con sfondo rosso.

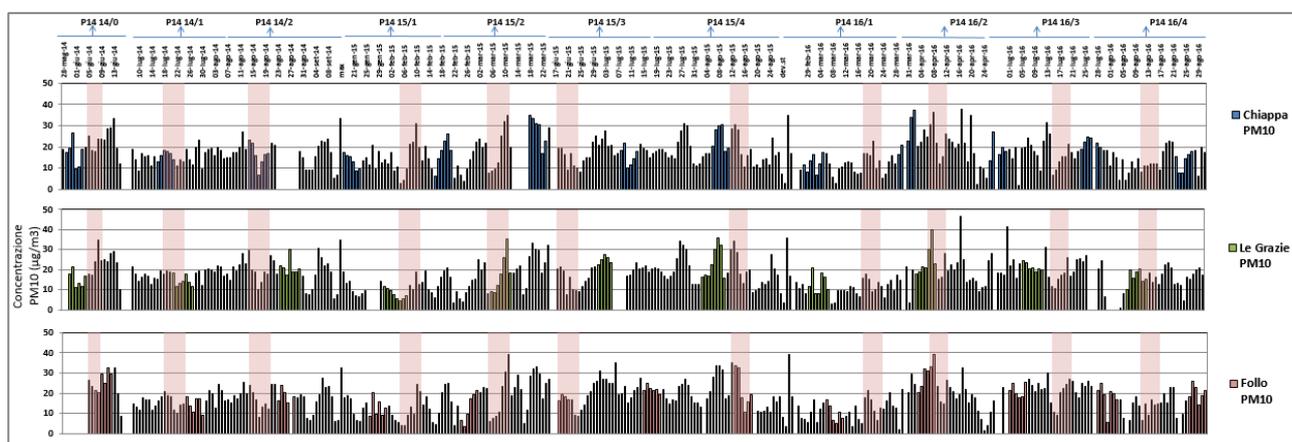


Figura 84 – Andamento temporale di PM10 nelle campagne 2014 - '16.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri statistici che sintetizzano i dati di PM10 misurati in ciascuna postazione nel corso delle campagne effettuate dal 2014 al 2016 con i valori medi e deviazione standard riportati per ciascun anno:

Postazione	P14		
	Chiappa	Le Grazie	Follo
2014	17,6 ± 5,2	19,0 ± 5,4	18,0 ± 5,7
2015	17,6 ± 7,1	17,3 ± 7,8	18,1 ± 8,1
2016	16,2 ± 7,4	16,9 ± 7,4	17,0 ± 7,4

Tabella 88 – Sintesi dei dati di PM10 a Chiappa, Le Grazie e Follo nel 2014-2016.

Si segnala che nel 2014 sono state eseguite solo le 3 campagne estive, ma il dato medio non è differente da quello degli anni 2015 e 2016 nei quali sono state effettuate 2 campagne estive e 2 invernali, ciò ad ulteriore conferma che nella città della Spezia la differenza di impatti tra estate e inverno è legata quasi esclusivamente al riscaldamento che ha scarsa influenza sul PM10. Nelle tre postazioni non si sono mai avuti superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ previsto dalla normativa e la

concentrazione media del PM10 è risultata complessivamente contenuta e abbastanza simile nei tre anni monitorati.

La tabella seguente confronta i **valori medi** delle concentrazioni di PM10 (± 1 deviazione standard) nelle campagne del 2014-2016 in ciascuna postazione aggiuntiva (Chiappa, Le Grazie, Follo) con quelle urbane della RQA della Spezia (Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina), dove viene condotto il monitoraggio in continuo di PM10. E' stata mantenuta separata dalle altre campagne quella di bianco effettuata nel 2014:

Postazione	Tipologia	Campagna di Bianco	Estate	Inverno
		P14 14/0	P14 14/1-14/2-15/3-15/4-16/3-16/4	P14 15/1-15/2-16/1-16/2
		Media \pm Dev. St.	Media \pm Dev. St.	Media \pm Dev. St.
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Chiappa	fondo-urbana	21 \pm 6	17 \pm 6	17 \pm 8
Le Grazie	extra-urbana	21 \pm 7	19 \pm 6	15 \pm 8
Follo	extra-urbana	24 \pm 7	19 \pm 6	16 \pm 9
Maggiolina	urbana	21 \pm 5	22 \pm 7	24 \pm 12
Saint Bon	urbana	23 \pm 6	22 \pm 7	20 \pm 9
Fossamastra	urbana	23 \pm 6	23 \pm 7	23 \pm 10

Tabella 89 - Confronto tra i valori medi di PM10 nei tre anni di monitoraggio. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nei tre anni di monitoraggio, i valori medi di PM10 sono risultati lievemente maggiori nelle tre postazioni urbane della RQA rispetto alle tre aggiuntive, meno influenzate da pressioni antropiche e si evidenzia quanto sopra riportato sulla concentrazione poco variabile del PM10 che è sempre rimasto a concentrazioni basse.

Basandosi sugli andamenti dei dati medi stagionali di PM10 della tabella precedente, è possibile raggruppare le postazioni per tipologia, ovvero:

- postazioni urbane: Maggiolina, Saint Bon, Fossamastra;
- extra urbane: Follo, Le Grazie;
- fondo urbano: Chiappa.

Nella tabella che segue sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard del PM10 rilevati nelle postazioni suddivise in urbane e extra-urbane nella campagna di bianco (campagna **P14 14/0**) e nelle campagne estive e invernali della prescrizione P14, con le convenzioni sopra riportate.

Tipo postazione	Campagna di Bianco	Estate	Inverno
	P14 14/0	P14 14/1-14/2-15/3-15/4-16/3-16/4	P14 15/1-15/2-16/1-16/2
		Media \pm Dev. St.	Media \pm Dev. St.
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
P. Extra-urbane	22 \pm 7	19 \pm 6	15 \pm 8
P. Fondo Urbano	21 \pm 6	17 \pm 6	17 \pm 8
P. Urbane	22 \pm 6	22 \pm 7	22 \pm 11

Tabella 90 - Confronto tra i valori medi di PM10. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Valutando i valori medi stagionali per gruppi omogenei di postazioni si possono fare le seguenti considerazioni:

- le concentrazioni di PM10 presentano valori bassi e non differenziati tra estate e inverno soprattutto nelle postazioni di fondo urbano e urbane;
- le concentrazioni di PM10 presentano valori lievemente maggiori in estate nelle postazioni extra-urbane ma entro la variabilità risultano tutti abbastanza simili.

La costanza di valori medi di PM10 tra le stagioni e nel territorio della Spezia può dipendere dal fatto che, probabilmente la differenza di pressione antropica tra le stagioni è dovuta quasi esclusivamente al riscaldamento, che ha poco effetto sul PM10 e dai fattori meteorologici che vedono il prevalere in tutte le stagioni delle circolazioni di brezza con fasi di ristagno molto limitate.

Ai fini di un'ulteriore conferma di quanto detto sopra, nella tabella seguente sono riportati i **valori medi** delle concentrazioni di PM10 (± 1 deviazione standard) nel biennio 2014-2016 (periodo coincidente con il biennio di attuazione della P14) per le quattro stagioni meteorologiche, nelle postazioni urbane della RQA della Spezia (Maggiolina, Fossamastra, Saint Bon, Amendola e San Cipriano), dove viene condotto il monitoraggio in continuo di PM10.

Valori medi stagionali di PM10 - periodo 2014 - 2016				
Postazione	inverno (dic-gen-feb)	primavera (mar-apr-mag)	estate (giu-lug-ago)	autunno (set-ott-nov)
Maggiolina	24 \pm 6	21 \pm 4	21 \pm 3	22 \pm 5
Fossamastra	26 \pm 4	24 \pm 3	25 \pm 3	23 \pm 4
Saint Bon	21 \pm 4	22 \pm 3	22 \pm 3	20 \pm 3
Viale Amendola	23 \pm 4	22 \pm 4	19 \pm 2	19 \pm 4
San Cipriano (*)	25 \pm 6	23 \pm 3	25 \pm 3	23 \pm 4

Tabella 91 - Confronto tra i valori medi di PM10 nelle diverse stagioni e postazioni della RQA di Spezia nel biennio 2014-2016. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. (*) dati disponibili a partire dal 2015.

I risultati della tabella precedente confermano quanto detto circa la costanza di concentrazione del PM10 tra le postazioni urbane di RQA di Spezia nelle quattro stagioni degli anni 2014-2016. I valori medi di concentrazione sono tutti equivalenti entro la deviazione standard nelle diverse postazioni e stagioni.

7.7 Caratterizzazione chimica del PM10

I campioni giornalieri di PM10 raccolti durante le campagne di monitoraggio della prescrizione 14, sono stati caratterizzati per il loro contenuto di metalli e benzo(a)pirene, a cura di ARPA Liguria. In particolare, i parametri chimici sono stati determinati nei campioni delle postazioni di Saint Bon, Fossamastra e Maggiolina, dove è attivo il monitoraggio periodico di ARPAL, cui sono stati aggiunti i campioni prelevati nelle postazioni aggiuntive di Le Grazie, Follo e Chiappa, attivate solo durante il periodo di monitoraggio delle deposizioni.

I campioni giornalieri sono stati analizzati per i parametri di interesse con cadenza di 6 giorni, nelle stesse giornate in cui tali analisi vengono effettuate di routine anche sulle postazioni della RQA (Amendola, Parco della Maggiolina, Fossamastra);

Nel dettaglio sono stati determinati i metalli previsti dal D.Lgs.155/2010 (As, Cd, Ni, Pb) e a questi sono stati aggiunti altri due di interesse per l'indagine: Cromo totale (Cr tot) e Vanadio (V).

Per alcuni dei metalli determinati e per il benzo(a)pirene valgono i seguenti valori limite o obiettivo (calcolato come media su un anno civile nella frazione PM10 del materiale particolato - Allegato XIII D.Lgs. 155/2010):

- Arsenico: 6 ng/m^3 ;
- Cadmio: 5 ng/m^3 ;

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



- Nickel: 20 ng/m³;
- Piombo: 500 ng/m³;
- Benzo(a)pirene: 1,0 ng/m³.

7.7.1 Contenuto di metalli nel PM10

Nelle tabella seguenti sono riportati i principali parametri statistici dei metalli analizzati nel PM10 in ciascuna postazione nel corso delle campagne effettuate dal 2014 al 2016 in tutte le postazioni e di Cr e V solo per le postazioni aggiuntive di Le Grazie, Follo e Chiappa. I valori sono espressi in ng/m³. Nel 2014 è inserita nel calcolo anche la campagna di bianco.

		Arsenico					
		Amendola	Fossamastra	Maggiolina	Le Grazie	Follo	Chiappa
Campagne 2014	n	11	12	7	4	4	4
	Media	0,5	0,9	0,6	0,6	0,6	0,7
	Min	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Max	1,0	4,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mediana	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
Campagne 2015	n	19	14	17	19	21	20
	Media	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Min	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0
	Max	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mediana	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Campagne 2016	n	16	18	19	19	18	18
	Media	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
	Min	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Max	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mediana	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabella 92 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Arsenico nei campioni di PM10 tra 2014-2016. Valori in ng/m³, salvo n (numero dei campioni).

		Piombo					
		Amendola	Fossamastra	Maggiolina	Le Grazie	Follo	Chiappa
Campagne 2014	n	12	13	8	13	12	11
	Media	4,1	8,3	4,2	2,8	2,3	2,2
	Min	3	2	3	1	1	1
	Max	8,0	55,5	6,0	10,0	5,0	5,0
	Mediana	3,5	5	4	2	2	2,0
Campagne 2015	n	19	14	17	18	21	20
	Media	4,3	6,1	3,8	5,7	3,3	2,5
	Min	1,0	2,0	1,0	1,0	0,4	1,0
	Max	9,0	20,0	8,0	43,0	6,0	5,0
	Mediana	4,0	5,0	3,0	3,0	3,0	2,0
Campagne 2016	n	16	18	19	18	20	17
	Media	2,3	2,3	2,7	11,8	2,5	4,2
	Min	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Max	6,0	5,0	7,0	103,0	9,0	42,0
	Mediana	2,0	2,0	3,0	3,5	2,0	1,0

Tabella 93 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Piombo nei campioni di PM10 tra 2014-2016. Valori in ng/m³, salvo n (numero dei campioni).

		Nichel					
		Amendola	Fossamastra	Maggiolina	Le Grazie	Follo	Chiappa
Campagne 2014	n	12	13	8	13	12	11
	Media	5,5	5,6	6,4	3,5	2,8	3,2
	Min	3	3	3	1	1	1
	Max	11,0	19,6	17,4	9,0	7,0	7,0
	Mediana	5	4	5	2	3	2,0
Campagne 2015	n	19	14	17	18	21	20
	Media	2,7	3,1	3,8	3,6	3,2	2,7
	Min	1,0	2,0	1,0	1,0	0,3	1,0
	Max	5,0	6,0	12,0	21,0	10,0	7,0
	Mediana	3,0	3,0	3,0	2,5	2,0	2,0
Campagne 2016	n	16	18	19	18	20	16
	Media	3,2	3,3	4,8	2,7	3,2	2,7
	Min	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Max	7,0	14,0	19,0	7,0	9,0	6,0
	Mediana	3,0	2,5	2,0	2,0	3,0	2,5

Tabella 94 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Nichel nei campioni di PM10 tra 2014-2016. Valori in ng/m³, salvo n (numero dei campioni).

		Cadmio					
		Amendola	Fossamastra	Maggiolina	Le Grazie	Follo	Chiappa
Campagne 2014	n	12	13	8	13	12	11
	Media	0,5	0,7	0,6	0,9	0,9	0,9
	Min	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Max	1,0	2,2	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mediana	0,5	0,5	0,5	1	1	1,0
Campagne 2015	n	19	14	17	19	21	20
	Media	0,7	0,8	0,7	1,0	1,0	1,0
	Min	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
	Max	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Mediana	0,5	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0
Campagne 2016	n	17	18	19	19	19	19
	Media	0,9	0,9	0,9	1,5	1,0	1,1
	Min	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
	Max	1,0	1,0	1,0	9,0	1,0	3,0
	Mediana	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabella 95 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Cadmio nei campioni di PM10 tra 2014-2016. Valori in ng/m³, salvo n (numero dei campioni).

		Cromo		
		Le Grazie	Follo	Chiappa
Campagne 2014	n	10	9	8
	Media	30,9	29,3	23,5
	Min	10	10	1
	Max	43,0	45,0	42,0
	Mediana	40,5	24	18,0
Campagne 2015	n	19	22	20
	Media	20,0	25,9	21,5
	Min	1,0	1,0	1,0
	Max	82,0	74,0	73,0
	Mediana	20,0	33,5	25,4
Campagne 2016	n	18	18	16
	Media	19,8	8,3	14,3
	Min	2,0	2,0	1,0
	Max	79,0	50,0	88,0
	Mediana	4,0	3,5	4,5

Tabella 96 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Cromo nei campioni di PM10 tra 2014-2016. Valori in ng/m³, salvo n (numero dei campioni). Dato non presente per le tre postazioni della RQA.

		Vanadio		
		Le Grazie	Follo	Chiappa
Campagne 2014	n	10	9	8
	Media	7,1	3,6	4,9
	Min	2	2	2
	Max	27,0	7,0	13,0
	Mediana	5	3	3,5
Campagne 2015	n	18	21	20
	Media	4,9	3,1	3,2
	Min	2,0	2,0	1,0
	Max	31,0	8,0	11,0
	Mediana	3,0	2,0	2,0
Campagne 2016	n	18	18	16
	Media	3,7	2,9	3,1
	Min	1,0	1,0	1,0
	Max	8,0	6,0	6,0
	Mediana	4,0	3,0	3,5

Tabella 97 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Vanadio nei campioni di PM10 tra 2014-2016. Valori in ng/m³, salvo n (numero dei campioni). Dato non presente per le tre postazioni della RQA.

Dalla analisi statistica dei dati delle concentrazioni dei metalli nel PM10 si possono fare le seguenti osservazioni:

- le concentrazioni medie dei metalli previsti dalla Dlgs 155/10 nel PM10 (As, Cd, Ni, Pb) risultano sempre inferiori ai limiti previsti;
- le concentrazioni medie dei metalli di PM10 risultano abbastanza costanti negli anni in tutte le postazioni, eccetto che i casi di Pb a Le Grazie nel 2016 e di V a Le Grazie nel 2014, dovuti a eventi puntuali che non si sono ripetuti.

Non sono state effettuate ulteriori analisi statistiche a causa del numero limitato di dati di concentrazione di metalli soprattutto per il 2014 e ci si riserva una trattazione statistica più adeguata quando si avranno disposizione un numero di dati maggiore.

7.7.2 Contenuto di benzopirene nel PM10

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri statistici del benzo[a]pirene (BaP) analizzato nel PM10, determinato ogni sei giorni, ma sfalsato di tre giorni rispetto alle precedenti caratterizzazioni dei metalli, solo nei campioni di Amendola, Fossamastra e Maggiolina (vedi par. 6.1.2), nel corso delle campagne effettuate dal 2014 al 2016:

		Amendola	Fossamastra	Maggiolina
Campagna 2014	n	14	15	11
	Media	0,10	0,09	0,09
	Min	0,05	0,04	0,04
	Max	0,22	0,13	0,15
	Mediana	0,09	0,09	0,09
Campagna 2015	n	25	19	19
	Media	0,16	0,25	0,27
	Min	0,04	0,04	0,04
	Max	0,42	0,99	0,70
	Mediana	0,15	0,20	0,27
Campagna 2016	n	21	21	21
	Media	0,33	0,34	0,31
	Min	0,04	0,04	0,04
	Max	1,78	1,80	2,43
	Mediana	0,06	0,15	0,17

Tabella 98 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Benzo(a)pirene nei campioni di PM10 del 2014-2016. Valori in ng/m³, salvo n (numero dei campioni).

Per quanto riguarda la tabella precedente si possono fare le seguenti osservazioni:

- i valori medi osservati risultano sempre inferiori ai limiti normativi;
- i valori medi di BaP nel PM10, seppur molto bassi, risultano in lieve aumento nel corso delle campagne annuali della prescrizione 14. Questo aumento si evidenzia anche dalla media annuale dei dati di BaP misurati nella postazione di Amendola della RQA. Per le postazioni della RQA di Fossamastra e Maggiolina questo aumento si è rilevato fino al 2015 mentre nel 2016 la media annuale è rimasta analoga a quella del 2015.

Come per i metalli, non sono state effettuate ulteriori analisi statistiche a causa del numero limitato di dati di concentrazione soprattutto per il 2014 e ci si riserva una trattazione statistica più adeguata quando si avranno disposizione un numero di dati maggiore.

7.7.3 **Contenuto di EC/OC e Levoglucosano nel PM10**

Come previsto dal protocollo analitico a partire dal 2015, sono stati esaminati alcuni campioni di PM10 relativamente al loro contenuto di levoglucosano, carbonio elementare (EC) e organico (OC). Le determinazioni di levoglucosano, Carbonio Organico (OC) e Carbonio Elementare (EC) sono state condotte in alcuni campioni del periodo invernale ed estivo delle postazioni di Follo, Chiappa e Le Grazie (v. par. 6.1.3). Per limitare l'influenza eccessiva delle variabili meteorologiche, sono stati scelti campioni di giornate con assenza quasi totale di precipitazioni e per lo più serene e temperature nelle medie stagionali.

Nella tabella che segue, sono riportati i **valori medi** in concentrazione di PM10, levoglucosano e la percentuale di levoglucosano presente nel PM10 suddivisi tra estate e inverno:

Postazione	Periodo	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Levoglucosano ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% nel PM10
Follo	Inverno	18,54	0,11	0,8%
Follo	Estate	23,16	0,04	0,2%
Chiappa	Inverno	20,68	0,19	1,0%
Chiappa	Estate	20,92	0,08	0,4%
Le Grazie	Inverno	20,37	0,05	0,4%
Le Grazie	Estate	22,67	0,07	0,3%

Tabella 99 - Risultati delle determinazioni di Levoglucosano negli anni di PM10.

Dalla tabella precedente risulta che:

- la concentrazione in aria di levoglucosano è complessivamente bassa in tutti i campioni delle tre postazioni;
- in entrambe le stagioni, si sono avute concentrazioni maggiori di levoglucosano a Chiappa, probabilmente in relazione a un diffuso utilizzo del riscaldamento domestico con biomasse e probabilmente dalla presenza di forni a legna. A Le Grazie, invece, l'influenza della combustione di biomasse sembra molto limitata probabilmente per la differente tipologia di abitazioni, con ridotte presenze invernali;
- la concentrazione in aria di levoglucosano sono risultate superiori nel periodo più freddo per tutte le postazioni eccetto che a Le Grazie.

Nel periodo invernale il contributo del levoglucosano alla concentrazione media di PM10 è risultato di 0,4-1,0% e di 0,2-0,4 % in quello estivo, in linea con quanto misurato in altri siti di fondo urbano [Piazzalunga et al., 2011].

Nella tabella che segue, sono riportati **valori medi** nel biennio 2015-2016 in concentrazione di PM10, OC, EC, TC (somma di OC e EC), la percentuale OC e EC presente nel PM10 e il valore del rapporto OC/EC suddivisi tra estate e inverno:

Postazione	Periodo	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% OC nel PM10	% EC nel PM10	OC/EC
Follo	Inverno	18,54	2,97	0,49	3,47	17,9%	2,9%	6,2
Follo	Estate	21,75	3,28	0,46	3,87	15,7%	2,2%	7,4
Chiappa	Inverno	20,68	3,80	0,69	4,50	20,7%	3,6%	5,5
Chiappa	Estate	20,92	4,03	0,61	4,78	19,5%	3,0%	7,0
Le Grazie	Inverno	20,37	2,85	0,63	3,49	18,3%	3,9%	4,8
Le Grazie	Estate	22,67	3,84	0,57	4,56	17,2%	2,5%	7,0

Tabella 100 - Risultati delle determinazioni di OC e EC negli anni di PM10.

La tabella seguente riporta la concentrazione **media** di OC nel periodo invernale e quella del periodo estivo:

Postazione	Inverno	Estate
Follo	2,98	4,04
Chiappa	3,90	4,03
Le Grazie	2,87	3,86

Tabella 101 – Concentrazione media di OC nei campioni stagionali. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentrazione di OC nei campioni di PM10 non ha evidenziato particolari differenze tra le postazioni in periodi stagionali analoghi e gli andamenti temporali sono più indicativi di una omogenea diffusione di OC in aria senza significative influenze locali. Infatti, nel periodo invernale la concentrazione media è rimasta compresa tra 2,98 e 3,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutte le postazioni e tra 3,86 e 4,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo estivo, confermando l'influenza delle sorgenti di emissione "naturali" biogeniche di OC che in estate sono superiori rispetto a quelle antropiche.

La tabella seguente riporta la concentrazione media di EC nel periodo invernale e quella del periodo estivo:

Postazione	Inverno	Estate
Follo	0,49	0,49
Chiappa	0,69	0,61
Le Grazie	0,63	0,56

Tabella 102 – Concentrazione media di EC nei campioni stagionali. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

In inverno, le concentrazioni medie di EC sono risultate simili a quelle estive, il che potrebbe dipendere dalla diminuzione del peso relativo delle emissioni primarie delle sorgenti invernali di EC (riscaldamento, traffico, ecc.), da fattori meteorologici, ma anche da un maggior peso delle sorgenti del porto che aumentano di importanza con l'avanzare della stagione turistica.

La tabella seguente sintetizza il peso relativo di OC e EC sulla concentrazione totale di PM10 in aria, stagionalmente e annualmente:

Postazione	OC			EC		
	Inverno	Estate	Annuale	Inverno	Estate	Annuale
Follo	20,0%	17,4%	18,7%	3,2%	2,1%	2,7%
Chiappa	23,7%	19,7%	21,7%	3,9%	3,0%	3,5%
Le Grazie	21,7%	17,6%	19,7%	4,6%	2,5%	3,5%

Tabella 103 – Contenuto % medio di OC e EC nei campioni di PM10.

Nei campioni del 2015-2016, OC costituisce il 20-24% del PM10 in inverno e il 17-20% in estate mentre EC pesa circa il 3-5% in inverno e 2-3% in estate. Annualmente, OC rappresenta il 19-22% della massa del PM10 e EC il 3-4% di essa. Quindi la somma di OC e EC ha rappresentato nei campioni del biennio 2015-2016 in media circa un quinto della massa del PM10 della Spezia, in linea con quanto riscontrabile anche in altri siti [Bove et al., 2014, Cesari et al., 2016].

Infine, è stato esaminato l'andamento del rapporto OC/EC, di cui si riportano di seguito gli istogrammi dell'andamento temporale nelle postazioni:

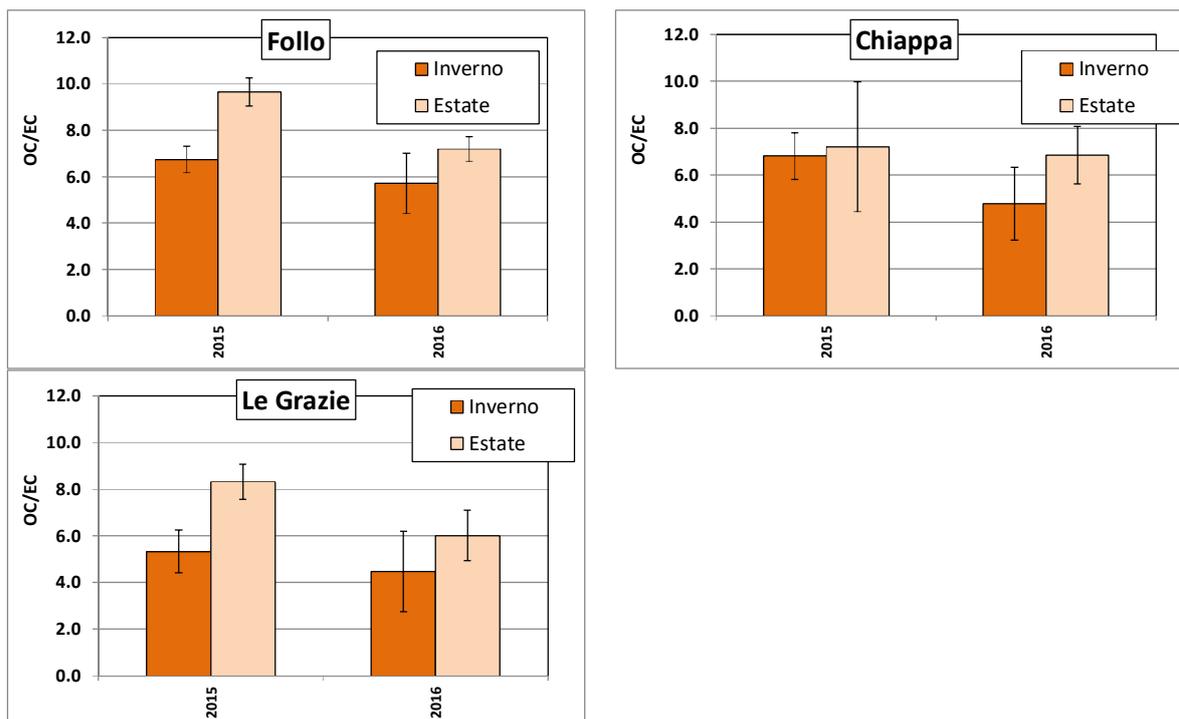


Figura 85 – Andamento temporale del rapporto OC/EC nei campioni di PM10.

La tabella seguente riporta la media del rapporto OC/EC nel periodo invernale e nel periodo estivo.

Postazione	Inverno	Estate
Follo	6,2	8,4
Chiappa	5,8	7,0
Le Grazie	4,9	7,2

Tabella 104 – Valori medi del rapporto OC/EC nei campioni stagionali.

In generale, il rapporto OC/EC è superiore in estate, in accordo con quanto riportato in letteratura [Sandrini et al., 2014] perché è principalmente influenzato dall'aumento di produzione secondario di OC per attività fotochimica e dalle maggiori emissioni di precursori biogenici di aerosol secondario organico; in inverno invece le sorgenti primarie di EC sono prevalenti.

8. Sintesi e Conclusioni

In questo capitolo sono riassunti gli aspetti salienti dell'attività di monitoraggio definita dalla prescrizione 14 della AIA della Centrale ENEL della Spezia che prevede *“.....l'implementazione di campagne annuali di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche, da realizzarsi con ARPAL e Amministrazione Comunale, per il dosaggio di metalli (As, Pb, Cd, Ni, V, Cu, Cr, Mn, Hg e Tl), IPA cancerogeni, diossine e furani e PCB, con particolare riferimento a dioxin like. Anche garantendo la piena collaborazione con Enti Locali ed ARPAL per l'attualizzazione dell'esistente PRQA”*.

La modalità di attuazione è stata formalizzata in un Protocollo condiviso³¹ ed approvato dagli Enti Locali e dal Gestore (v. cap. 2) che prevede oltre a quanto previsto dalla prescrizione 14 AIA anche il campionamento ed analisi del PM10 per valutare la distribuzione degli inquinanti anche sulle particelle più pericolose in quanto raggiungono le prime vie aeree dell'apparato respiratorio umano.

Il monitoraggio è esteso ad una serie di postazioni distribuite su un vasto territorio anche oltre le aree che lo scenario modellistico di emissione del gruppo a carbone della centrale ENEL individua con probabilità di ricaduta.

Il presente capitolo è diviso in due parti; la prima riporta la sintesi relativa alle attività di monitoraggio del 2016 (par. 8.1), la seconda quella derivante dalla valutazione complessiva del triennio di monitoraggio 2014-'16 (par. 8.2).

8.1 Sintesi monitoraggio 2016

Il monitoraggio nel 2016 ha previsto l'esecuzione di quattro campagne della durata di circa un mese con la particolarità di Melara, dove il campionamento è previsto con copertura dell'intero anno, in quanto sito di massima ricaduta per il modello diffusionale relativo alle emissioni del gruppo SP3. Per stabilire la significatività dei risultati si è valutata l'operatività del gruppo SP3 della Centrale ENEL durante le campagne rispetto al funzionamento medio dell'anno 2016, che è risultata:

- **P14 16/1:** operatività della Centrale superiore di circa il 22 %;
- **P14 16/2:** operatività della Centrale superiore di circa il 4 %;
- **P14 16/3:** operatività della Centrale superiore di circa il 26 %;
- **P14 16/4:** operatività della Centrale inferiore di circa il 25 %.

Da quanto sopra si deduce che le campagne sono state condotte durante periodi in media rappresentativi della operatività della Centrale ENEL.

Le **caratteristiche meteorologiche** delle quattro campagne di monitoraggio, che si sono sviluppate, le prime due tra inverno e primavera, le altre, in estate, sono state ovviamente differenti e con significative anomalie rispetto ad alcuni valori climatologici.

³¹ Ad ulteriore rafforzamento delle scelte condivise va rilevato che la direttiva 2004/107/CE, recepita dal Dlgs 155/2010, ha introdotto la misura delle deposizioni come attività di monitoraggio utile per la valutazione dell'accumulo degli inquinanti nel suolo e dell'esposizione indiretta della popolazione attraverso la catena alimentare. Essa prevede che gli stati membri si adoperino per la raccolta di informazioni esaurienti in merito ai valori di deposizione di arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici, considerati critici per la loro tossicità in quanto riconosciuti come cancerogeni e genotossici.

Le campagne **P14 16/1** e **P14 16/2** sono state caratterizzate da tempo instabile e a tratti piovoso, con precipitazioni comunque complessivamente inferiori a quelle climatologiche, ed hanno visto un'alternanza di vivaci rinforzi dei venti con diversi episodi di intrusioni di sabbia Sahariana.

Nel corso delle campagne **P14 16/3** e **P14 16/4**, come già nell'anno precedente, si sono avute condizioni tipicamente estive, con il dominio di un campo di alta pressione e ventilazione limitata al regime di brezza. E come nel 2015, appena trascorso Ferragosto si sono avuti i primi temporali significativi: le precipitazioni hanno evidenziato cumulate anche importanti ma molto differenti tra le postazioni, con valori più elevati nella zona Nord dell'area di monitoraggio.

I ratei di **deposizioni di polveri** misurati alla Spezia nel 2016, sebbene non garantiscano la copertura annuale, sono indicativi di una bassa **polverosità**, come già riscontrato nel 2015. Ad eccezione della postazione di Fossamastra, nella maggior parte dei casi non si sono superati i 100 mg/m²/d di polveri depositate e, secondo gli indici di polverosità della Commissione Centrale contro l'inquinamento atmosferico del MATTM, la polverosità è da considerarsi "praticamente assente". Nell'unico caso, sopra citato, in cui i ratei hanno superato il valore di 100 mg/m²/d, ma non quello di 250 mg/m²/d, la polverosità è da considerarsi "bassa".

Si ricorda che a **Fossamastra**, nelle campagne 2014-2015 il deposimetro era posizionato a circa 6 metri di altezza sul tetto del fabbricato in cemento in corrispondenza del sistema di bypass della linea di movimentazione del carbone. Nelle campagne del 2016 si è deciso di posizionare un ulteriore deposimetro a circa 2 m di altezza per uniformità con i deposimetri delle altre postazioni.

La valutazione dei ratei di polveri e metalli misurati nei due deposimetri adiacenti ha permesso di dedurre che i ratei del deposimetro Fossamastra-Basso sono con buona riproducibilità il doppio di quelli del deposimetro Fossamastra-Alto.

Il **rateo di deposizione di metalli** è risultato largamente variabile nel corso delle campagne del 2016, anche in quelle condotte nello stesso periodo stagionale.

I ratei di deposizione di **arsenico**, **cadmio** e **nickel** sono inferiori a quelli previsti dai valori guida di riferimento o dalle legislazioni di alcune nazioni europee. Inoltre, ricadono entro l'intervallo caratteristico delle aree rurali e, in limitati casi, in quello delle aree urbane con l'eccezione di Fossamastra-Basso, postazione caratterizzata da una più elevata polverosità rispetto alle altre postazioni.

A Fossamastra-Basso, in tutte le campagne, sono stati riscontrati i valori più alti di deposizioni di metalli rispetto alle altre postazioni (esclusa Arcola per il Pb) ed in particolare per il Ni i valori superano quelli indicati per le aree urbane, ma rientrano in quelli per le aree industriali.

Per quanto riguarda la postazione di Arcola, si evidenzia il ripetersi dei picchi di deposizione di Pb, per i quali si è esclusa l'influenza del risollevarimento di suolo eventualmente arricchito di questo metallo e pertanto risulta da attribuire presumibilmente a una sorgente locale non identificata. La particolarità viene descritta in Allegato 2.

Il **contenuto dei metalli** risulta, dal punto di vista qualitativo, paragonabile tra le varie campagne e per le diverse postazioni. Ciò suggerisce che l'elevata variabilità dei ratei di

deposizione visti in precedenza sia dovuta alla differente massa di polveri depositate nelle singole campagne ma non sia legata ad una significativa variabilità del tipo di sorgenti.

Questo è evidente anche dalle concentrazioni di metalli rilevate presso le due postazioni di Fossamastra che appaiono molto simili tra loro, nonostante a Fossamastra – Basso si misurino circa il doppio di ratei di deposizioni, indicando che le polveri sono qualitativamente analoghe in termini di concentrazione di metalli.

Solo relativamente al Pb ad Arcola si evidenzia un'elevata variabilità sia nelle deposizioni che nelle concentrazioni, corroborando l'ipotesi già formulata per le precedenti campagne di monitoraggio di una sorgente strettamente locale, estremamente variabile.

Relativamente al contenuto di **IPA**³² nelle deposizioni, sono stati determinati quelli **cancerogeni** previsti dalla Norma Europea UNI EN 15890:2011, integrati con ulteriori composti policiclici aromatici di interesse al monitoraggio.

Nelle diverse postazioni, le deposizioni di IPA totali nelle quattro campagne del 2016 sono risultate comprese tra circa 20 e circa 4000 ng/m²/d con i valori più elevati riferibili ad eventi temporanei (incendi, cantierizzazioni, etc.) che non rappresentano le deposizioni tipiche.

Relativamente alla loro **distribuzione spaziale**, le deposizioni maggiori di IPA totali si sono avute nelle postazioni urbane soprattutto a Fossamastra dove si sono rilevati i massimi valori in concomitanza con l'incendio avvenuto alla fine della campagna **P14 16/1** che probabilmente ha influito anche nella successiva campagna per il possibile perdurare della presenza di residui di combustione nelle polveri della zona circostante. Una valutazione escludendo gli eventi accidentali è riportata nel cap. 7 e 8.2.

Relativamente alla loro **distribuzione temporale** in tutte le postazioni si evidenzia un dipendenza delle deposizioni di IPA in base alla stagionalità delle campagne, con valori dei ratei maggiori nel periodo invernale, indipendentemente dalle caratteristiche urbane o extraurbane di ciascuna postazione.

Relativamente all'andamento temporale delle deposizioni di IPA in ciascuna postazione, i ratei rilevati nelle campagne condotte in stagioni simili risultano paragonabili se lo sono anche le precipitazioni occorse nel periodo. Sembrerebbe, quindi, che un apporto significativo nel trasferimento a terra degli IPA per il comprensorio della Spezia sia per via umida.

Da segnalare la presenza significativa di coronene, un IPA caratteristico delle emissioni del traffico veicolare, nelle deposizioni delle postazioni urbane più caratterizzate da intenso traffico viabilistico.

Anche per gli IPA cancerogeni previsti dalla norma UNI EN 15980:2011 le maggiori concentrazioni si sono avute in inverno sia nelle postazioni urbane che in quelle extraurbane.

Ad Arcola, pur con le dovute cautele del caso, è riscontrabile nel 2016 una correlazione lineare tra le deposizioni del Pb e quelle di IPA totali e della norma UNI EN 15980:2011 a significare una sorgente comune per questi parametri, come viene meglio esaminato nell'Allegato 2.

³² IPA – Idrocarburi Policiclici Aromatici: composti idrocarburi caratterizzati da almeno due anelli aromatici condensati.

Il **rateo di deposizione** del **benzo[a]pirene** (BaP), uno degli IPA cancerogeni previsti dalla norma UNI EN 15890:2011, nell'intero comprensorio della Spezia ha un valore medio pari a 22,3 ng/m²/d, che, confrontato con i dati di letteratura, risulta del tutto comparabile a quello di altri siti urbani europei.

Anche escludendo i valori dovuti all'impatto degli incendi avvenuti nel 2016 si evidenziano deposizioni inferiori in estate rispetto all'inverno.

Per valutare eventuali differenze qualitative **spazio-temporali** tra le deposizioni di **IPA totali** avvenute nelle postazioni durante le quattro campagne, si è fatto ricorso alla analisi di **fingerprint** dei profili normalizzati degli IPA che mettono in evidenza il rapporto relativo tra gli IPA presenti nelle deposizioni. Nella campagne invernali i **fingerprint** appaiono relativamente simili tra tutte le postazioni e si differenziano soprattutto per l'abbondanza di alcuni IPA pesanti (benzo(ghi)perilene e coronene) nelle postazioni urbane riferibili ad emissioni del traffico veicolare a benzina o gasolio e della commistione di più sorgenti (motori a combustione interna, riscaldamento domestico), probabilmente con influenze delle emissioni portuali.

Nelle campagne estive i **fingerprint** mettono in evidenza una maggiore rilevanza degli IPA a minor peso molecolare, soprattutto nelle postazioni extraurbane, una diminuzione degli IPA pesanti, anche se rimane significativo il contributo di benzo(ghi)perilene e coronene che sono riferibili alle emissioni del traffico veicolare a benzina; si evidenzia una complessiva uniformità delle deposizioni nelle differenti postazioni a prescindere delle loro caratteristiche urbane o extraurbane.

Relativamente ai **ratei di deposizione**, la maggior parte dei congeneri di **DIOSSINE** (PCDD/F) e **PCB dioxin like** sono risultati inferiori al limite di quantificazione. I congeneri di PCDD/F e PCB *dioxin like* risultati rilevabili, sono quelli normalmente riscontrati in maniera ubiquitaria nelle deposizioni atmosferiche e che costituiscono il fondo antropico.

Per esprimere la **quantità complessiva** di diossine e PCB *dioxin like*, i dati di deposizione sono stati espressi con un unico valore numerico, ottenuto moltiplicando i valori in massa di ciascun composto per il rispettivo fattore di tossicità equivalente, definito dalla Organizzazione Mondiale per la Sanità e sommando le concentrazioni così normalizzate rispetto alla tossicità, come previsto per i campioni ambientali. Tale modalità di espressione dei risultati, esalta i congeneri più cancerogeni e fornisce una visione più rispondente alla loro effettiva tossicità.

Complessivamente, le deposizioni medie di PCDD/F e PCB del 2016 alla Spezia sono circa ¼ del valore guida di 4 pg WHO-TEQ/m²/d e si possono escludere significativi apporti antropici, salvo il caso locale di Arcola. In linea generale, le maggiori deposizioni di PCDD/F e PCB in termini di tossicità equivalente sono state riscontrate nelle campagne invernali.

Da un confronto con i valori di deposizione rilevati in altri siti italiani, quelli rilevati alla Spezia sono in linea con i più bassi degli intervalli relativi ad aree industriali e inferiori ai valori più bassi rilevati in altre nazioni europee in aree rurali.

Dal confronto tra i **profili** ("*patterns*") di diossine e PCB *dioxin like* nei campioni di deposizione si evidenziano i tipici *patterns*, dominati dalla presenza di octaclorodiossina

e di PCB 118, dovuti a una contaminazione “invecchiata” e quindi a trasporto da masse di aria per tempi lunghi.

La **postazione di Arcola**, anche per questi inquinanti rappresenta una particolarità, in quanto le deposizioni di PCDD/F sono del tutto confrontabili con quelle delle postazioni extraurbane mentre le deposizioni di PCB sono elevate e correlabili a quelle del Piombo e anche a quelle degli IPA, come riportato in Allegato 2.

Per quanto concerne le **specie ioniche**, quelle maggiormente rilevate nella fase acquosa dei deposimetri sono Na^+ e Cl^- , di origine marina. In tutte le campagne, le deposizioni di NO_3^- sono risultate maggiori di quelle dei SO_4^{2-} , confermando una influenza preponderante delle emissioni di NO_x , soprattutto nel periodo invernale.

Il rateo medio di deposizione di NO_3^- e, in talune postazioni anche di SO_4^{2-} , è risultato inferiore nelle campagne estive rispetto a quelle invernali.

Per quanto concerne il **PM10** nelle tre postazioni dedicate (Chiappa, Follo, Le Grazie) e nelle tre postazioni della RQA della Spezia considerate nell'analisi dei dati (Saint Bon, Fossamastra, Maggiolina) non si sono mai avuti superamenti del valore limite giornaliero ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e la concentrazione media del PM10 è risultata complessivamente contenuta con i valori medi di campagna compresi tra 11,3 e $21,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per le tre postazioni dedicate e tra 15,4 e $27,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per le tre postazioni della RQA.

Si evidenzia comunque una buona correlazione tra gli andamenti temporali del PM10 in tutte le postazioni tranne limitati eventi locali con valori medi lievemente maggiori nelle tre postazioni urbane della RQA rispetto alle tre aggiuntive, meno influenzate da pressioni antropiche.

I campioni giornalieri di PM10 raccolti durante le campagne di monitoraggio delle deposizioni sono stati caratterizzati per il loro contenuto di **metalli** con cadenza di 6 giorni, nelle stesse giornate in cui tali analisi vengono effettuate di routine anche sulle postazioni della RQA. I risultati hanno evidenziato valori di concentrazione di As e Cd quasi sempre pari o inferiori al limite di rilevabilità in aria, di Pb molto bassi e di molto inferiori al limite normativo di $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (concentrazioni in genere tra <1 e $10 \text{ ng}/\text{m}^3$), di Ni inferiori al limite normativo di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (compresi tra <1 e $10 \text{ ng}/\text{m}^3$). A parte un numero molto limitato di valori atipici, le fluttuazioni dei valori di concentrazione di As, Cd, Ni e Pb sono paragonabili a quelli che si riscontrano nei monitoraggi del resto dell'anno.

Le determinazioni di levoglucosano, Carbonio Organico (OC) e Carbonio Elementare (EC) sono state condotte in alcuni campioni del periodo invernale ed estivo delle postazioni di Follo, Chiappa e Le Grazie.

La concentrazione in aria di **levoglucosano** è risultata complessivamente bassa in tutti i campioni delle tre postazioni e nel 2016 inferiore a quella del 2015. Nel periodo invernale, si sono avute concentrazioni maggiori di levoglucosano a Chiappa rispetto a Follo, avente una ridotta densità abitativa, che potrebbero essere messe in relazione con un diffuso utilizzo del riscaldamento domestico con biomasse e probabilmente dalla

presenza di forni a legna. Questo andamento era già stato evidenziato per i campioni del 2015.

Nel 2016, ad esclusione di un campione, il contributo del levoglucosano alla concentrazione media di PM10 è risultato di 0,01-0,78% nel periodo invernale e di 0,01-0,30 %, in linea con quanto misurato in altri siti di fondo urbano.

Per quanto riguarda le determinazioni di **OC** e **EC**, negli stessi campioni utilizzati per determinare il levoglucosano, si è trovata una buona corrispondenza con gli andamenti normalmente riscontrabili. Tali andamenti sono indicativi di una omogenea diffusione di OC in aria senza significative influenze locali e con valori confrontabili a quelli tipici di siti di fondo urbano.

Nei campioni del 2016, OC costituisce il 13 – 16% del PM10 in inverno e il 15-18% in estate mentre EC pesa circa il 3% sia in inverno, sia in estate.

Annualmente, OC rappresenta il 14-17% della massa del PM10 e EC il 2,5-3%. Quindi la somma di OC e EC ha rappresentato nei campioni del 2016 in media circa un quinto della massa del PM10 della Spezia, in linea con quanto riscontrabile anche in altri siti.

In accordo con quanto riportato in letteratura, il rapporto OC/EC, è superiore in estate, perché principalmente influenzato dall'aumento di produzione di OC secondario per attività fotochimica e dalle maggiori emissioni di precursori biogenici di aerosol secondario organico; in inverno invece le sorgenti primarie di EC sono prevalenti e pertanto il rapporto si abbassa.

8.2 Sintesi e conclusioni del triennio 2014 ÷ 2016

In questo capitolo sono valutati i risultati delle campagne della prescrizione 14 effettuate dal 2014 fino al 2016. In particolare, sono indicati gli aspetti salienti derivanti dall'analisi dei risultati acquisiti nel corso dei tre anni di monitoraggio, effettuata mediante una selezione critica di tutti i dati in modo da isolare quelli conseguenti ad eventi spot e definire la situazione di fondo e le reali criticità.

Nel triennio sono state condotte sette campagne estive e quattro invernali di monitoraggio con la Centrale in funzionamento normale, salvo per la campagna di bianco **P14 14/0** e le campagne **P14 15/1** (invernale) e **P14 16/4** (estiva), in cui la Centrale ha funzionato parzialmente;

Nel corso delle campagne sono avvenuti eventi anomali meteorologici e locali episodi di incendi e cantierizzazioni che hanno portato come conseguenza ad anomalie di alcuni parametri che, nei casi conosciuti, sono state escluse nell'elaborazione complessiva. L'elenco degli eventi è riportato al cap. 7.

Per l'analisi dell'andamento dei **ratei di deposizione** delle polveri dal 2014 al 2016 sono stati presi in considerazione i risultati ottenuti nelle postazioni previste dal protocollo, dopo le opportune valutazioni critiche descritte al par. 7.1.

Nel complesso si evidenzia che in tutte le postazioni le deposizioni medie di polveri si collocano al di sotto dei valori di riferimento adottati da alcune nazione europee aventi caratteristiche analoghe a quelle del territorio italiano (200 – 350 mg/m²/d).

Riferendosi ai criteri nazionali italiani (cap. 5) le postazioni, esclusa Fossamastra, sono inquadrabili nella classe di polverosità "*praticamente assente*" (<100 mg/m²/d) mentre **Fossamastra** si colloca nella classe di polverosità "*bassa*". In questa postazione i ratei

più elevati in tutte le campagne condotte si rilevano in maniera sistematica in tutte le stagioni ad evidenziare una caratteristica locale.

Nel complesso di un quadro di basse deposizioni di polveri, si colgono comunque differenze quantitativamente significative tra le postazioni urbane ed extra-urbane.

Basandosi sugli andamenti dei dati medi stagionali di deposizioni di polveri le postazioni sono state raggruppate per le loro caratteristiche in: postazioni urbane (Maggiolina, Saint Bon, Melara), extra urbane (Bolano, Follo, Arcola, Le Grazie) e fondo urbano (Chiappa).

La postazione di Fossamastra, per via della singolarità delle sue deposizioni, è stata mantenuta separata dalle altre urbane.

Da questa analisi emerge che le postazioni extraurbane e la postazione di fondo urbano presentano una deposizione caratterizzata da valori molto bassi, quasi identici tra l'estate e l'inverno che rappresentano un fondo tipico del tessuto extraurbano mentre le postazioni urbane presentano maggiori deposizioni rispetto alle altre soprattutto in inverno per il contributo del complesso delle pressioni antropiche (riscaldamento, traffico, emissioni industriali incluse quelle portuali).

Confrontando la campagna di bianco a centrale ferma con quelle con centrale operativa si evidenzia che le postazioni **extraurbane** presentano ratei confrontabili sia in estate che in inverno mentre le postazioni **urbane** presentano ratei confrontabili in estate e superiori in inverno. Questo conferma che il principale fattore influenzante i risultati è la stagione di osservazione rispetto alle singole pressioni antropiche soprattutto per il ruolo che può assumere il riscaldamento invernale nell'area urbana.

La postazione di **Fossamastra** è stata trattata a parte per la sua peculiarità e si sono evidenziati ratei stagionali praticamente equivalenti in tutte le campagne compresa anche quella di bianco, tenuto conto della variabilità associata al dato. Questa postazione è fortemente influenzata da una pluralità di pressioni antropiche durante tutto l'anno, tra cui le principali sono le attività di movimentazione dei container nell'area portuale e la mole di traffico, poco variabile nel tempo. La particolarità della postazione di Fossamastra risulta anche dal fatto che i ratei misurati sono circa il triplo di quelli delle altre postazioni urbane, sia in inverno sia in estate. A valori dei ratei di deposizione delle polveri così elevati non corrispondono però altrettanto elevati valori di PM_{2,5}, PM₁₀ e PTS (rilevati dalla RQA per la postazione di Fossamastra) che sono, invece, comparabili con quelli rilevati nelle altre postazioni urbane della RQA, ad indicare la presenza di polvere a granulometria elevata dovuta ad impatti antropici locali quali movimentazione container, attività con mezzi meccanici e intenso traffico pesante. Si segnala che presso tale postazione viene eseguito anche il monitoraggio di controllo della linea carbone, nell'ambito della prescrizione 18 dell'AIA, e che le determinazioni analitiche previste non hanno evidenziato presenza significativa (≤ 1) % di carbone.

Relativamente ai **ratei di deposizioni dei metalli**, utilizzando i criteri sopra adottati per le polveri, ed escludendo i valori di Pb di **Arcola** per la particolarità locale della deposizione di questo metallo (si veda Allegato 2) emerge che nelle postazioni **urbane**, **fondo urbano e extraurbane**, i ratei medi stagionali di As, Cd, Cr, Pb, Cu, Mn, Ni e V sono confrontabili tra di loro tenuto conto delle deviazioni standard associate ai dati.

Un caso a parte è costituito dalla postazione di **Fossamastra** dove i ratei medi stagionali sono maggiori di quelli riscontrati nelle postazioni urbane e generalmente molto simili in ogni stagione ad indicare una costanza delle pressioni antropiche.

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Il confronto tra i ratei della campagna estiva di **bianco**, a Centrale ferma, e quelli delle campagne a Centrale in funzione non evidenzia per tutte le postazioni significative variazioni.

In ogni caso, i ratei di deposizione medi dei metalli come quelli delle polveri sedimentabili, sono ampiamente entro i valori guida come medie annuali adottati in alcune nazioni europee, riportati nel cap. 5, e tipici di ambienti urbani e rurali europee.

Relativamente alle **concentrazioni medie di metalli** nelle polveri depositate, utilizzando i criteri sopra adottati per le polveri ed escludendo i valori di Pb di **Arcola** per la particolarità locale (si veda Allegato 2) emerge che in ogni postazione urbana, **extraurbana** e **fondo urbano**, le concentrazioni medie dei metalli nelle polveri depositate, tenuto conto della variabilità associata al dato, sono equivalenti in estate e in inverno. Le concentrazioni dei metalli risultano dunque non soggette a variazioni significative legate alla stagione, al tempo e allo spazio indicando una ricaduta caratteristica del territorio.

A **Follo** la concentrazione di V sembra leggermente maggiore rispetto alle altre postazioni **extraurbane**, ma non i ratei che sono simili. Questa differenza delle concentrazioni sarà meglio valutata con l'ampliamento della base dati, in quanto il modello diffusionale colloca Follo insieme a Bolano in una delle aree di ricaduta delle emissioni della Centrale, ma quest'ultima non presenta lo stesso andamento.

Per **Melara** i dati disponibili sono ancora limitati e con una elevata variabilità. Al momento si nota una concentrazione leggermente maggiore di As, Pb, Mn e V rispetto alle altre postazioni e ciò andrà verificato nel corso delle prossime campagne.

Le concentrazioni di metalli a **Fossamastra**, al contrario dei ratei di deposizione, non sono particolarmente differenti da quelle delle altre postazioni urbane, ad indicare che la polvere della zona ha una composizione simile. Tale polvere differisce solo dal punto di vista quantitativo e limitatamente alla componente a granulometria maggiore; infatti le concentrazioni di PM10 sono simili a quelle delle altre postazioni.

Le concentrazioni dei metalli risultano comunque non soggette a variazioni significative legate alla stagione, al tempo e allo spazio indicando una ricaduta caratteristica del territorio; si ricorda che solo Arcola relativamente al Pb si diversifica rispetto alle altre stazioni (v. Allegato 2).

Relativamente alla possibilità che valori elevati di metalli nelle deposizioni derivino dal risollevarimento di suolo, nelle postazioni caratterizzate da presenza di terreno arricchito in metalli, dall'analisi dei top soil effettuata possiamo affermare che non vi è correlazione, in quanto i campioni prelevati non evidenziano particolari anomalie. L'unico risultato eventualmente da approfondire con ulteriori campionamenti di suolo è legato agli alti valori di Piombo rilevati nel terreno in prossimità della postazione di Follo dove non si sono evidenziati picchi di deposizione anomali di Pb.

Relativamente ai ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (**IPA**), depurati dei dati anomali utilizzando i criteri riportati al par. 7.3.1, tenendo conto della variabilità dei dati, si evidenzia che in un quadro di valori alla Spezia generalmente bassi, esiste una modesta differenziazione tra postazioni extraurbane ed urbane, a parità di stagione,

con ratei lievemente maggiori in queste ultime, a meno di Fossamastra che rappresenta una singolarità.

Inoltre, vi è una generale dipendenza delle deposizioni degli **IPA totali** dalla stagionalità, con valori più elevati in inverno, attribuibile alla maggiore pressione antropica nel periodo invernale. Nel caso delle postazioni **extraurbane**, pur in un ambito di deposizioni non particolarmente elevate, si nota comunque circa un raddoppio dei ratei di deposizione, mentre nelle postazioni **urbane**, esclusa Fossamastra, l'aumento è di minore entità. Tale andamento non è riscontrabile però ad **Arcola**, in quanto è maggiormente influente il fenomeno locale (v. Allegato 2).

Per gli **IPA** della **Norma UNI**, la differenziazione è meno accentuata e presuppone una distribuzione spaziale relativamente omogenea.

Fossamastra rappresenta anche per le deposizioni degli **IPA** un caso a sé, in quanto si riscontrano ratei molto più elevati delle altre postazioni urbane con un deciso aumento nel periodo invernale, presumibilmente a causa delle sfavorevoli condizioni meteorologiche in quanto le pressioni industriali rimangono stagionalmente relativamente costanti.

Relativamente ai **Ratei di deposizione di benzo(a)pirene** depurati dei dati anomali utilizzando i criteri riportati al par. 7.3.2, valgono le considerazioni sopra riportate per gli IPA della norma UNI, quindi si osserva una ridotta variabilità delle sue deposizioni tra postazioni extraurbane ed urbane con anche poche differenziazioni stagionali, salvo il caso di Fossamastra, avente ratei decisamente maggiori di tutte le altre postazioni.

Relativamente ai **ratei di deposizione di PCDD/F e PCB** si evince che nel complesso le deposizioni di **PCDD/F** e **PCB** alla Spezia sono generalmente basse e, considerando anche i dati anomali, non superano mai il valore proposto come guida di 4 pg TEQ/m²/d come media annuale.

Facendo riferimento ai ratei di deposizione, depurati dei dati anomali, si evidenzia che esiste una ridotta differenziazione tra le postazioni urbane ed extraurbane a parità di stagione, ma si coglie una dipendenza dalla stagionalità per PCDD/F, con un aumento in inverno, generalizzato a tutte le postazioni.

Questo andamento è meno evidente per i PCB.

Queste osservazioni non sono però estendibili ad **Arcola**, postazione dove risulta evidente una più elevata deposizione di **PCB**, sempre associata a quella del Pb, che avviene in maniera estemporanea e non stagionale in quanto causata da una pressione antropica ripetitiva e locale. (v. Allegato 2).

Relativamente alle **specie ioniche nelle deposizioni** dall'analisi dei dati emerge che sono sempre risultate di valori estremamente modesti e non sono stati individuati come per le altre specie chimiche valori di deposizione anomala.

Il rateo medio invernale risulta maggiore di quello estivo per tutte le postazioni, in modo più accentuato per le urbane, probabilmente legato a fattori meteorologici.

Il rateo medio di deposizione delle specie ioniche è abbastanza confrontabile tra differenti tipologie di postazione per ogni stagione a meno del Ca²⁺ e NH₄⁺ nella postazione di fondo urbano e a Fossamastra, probabilmente influenzati da differenti pressioni locali e sarà valutato nelle prossime campagne.

Nelle postazioni extra-urbane e urbane, compresa Fossamastra, i ratei medi invernali risultano circa il doppio di quelli estivi, eccetto che per il SO₄²⁻ che è equivalente sia in

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



estate che in inverno probabilmente a causa del bilanciamento delle pressioni antropiche insistenti in entrambi le stagioni.

Relativamente alle concentrazioni di **PM10** rilevate nel corso delle campagne della prescrizione 14 effettuate dal 2014 fino al 2016, emerge che il dato medio nelle postazioni di fondo urbano e urbane non si differenzia tra estate e inverno ad ulteriore conferma che nella città della Spezia la differenza di impatti tra estate e inverno è legata quasi esclusivamente al riscaldamento che ha scarsa influenza sul PM10.

Nelle extra-urbane i dati medi risultano lievemente maggiori in estate ma entro la variabilità pertanto abbastanza simili.

Nei tre anni di monitoraggio, i valori medi di PM10 sono risultati lievemente maggiori nelle tre postazioni urbane della RQA rispetto alle tre aggiuntive, meno influenzate da pressioni antropiche.

Non si sono mai avuti superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dalla normativa e la concentrazione media del PM10 è risultata complessivamente contenuta e abbastanza simile nei tre anni monitorati.

La costanza di valori medi di PM10 tra le stagioni e nel territorio della Spezia può dipendere dal fatto che, probabilmente la differenza di pressione antropica tra le stagioni è dovuta quasi esclusivamente al riscaldamento, che ha poco effetto sul PM10 e dai fattori meteorologici che vedono il prevalere in tutte le stagioni delle circolazioni di brezza con fasi di ristagno molto limitate.

Relativamente alla concentrazione di **metalli nel PM10** dalla analisi statistica dei dati, si evince che le concentrazioni medie dei metalli previsti dalla Dlgs 155/10 nel PM10 (As, Cd, Ni, Pb) risultano sempre inferiori ai limiti previsti e risultano abbastanza costanti negli anni in tutte le postazioni.

Relativamente al contenuto di **EC/OC e Levoglucosano** nel PM10, dall'analisi dei dati sui evince che la concentrazione in aria di **levoglucosano** è complessivamente bassa in tutti i campioni delle tre postazioni.

Il contributo del levoglucosano alla concentrazione media di PM10 è risultato di 0,4-1,0% in inverno e di 0,2-0,4 % in estate in linea con quanto misurato in altri siti di fondo urbano.

La concentrazione in aria di levoglucosano sono risultate superiori nel periodo più freddo per tutte le postazioni eccetto che a Le Grazie dove l'influenza della combustione di biomasse sembra molto limitata probabilmente per la differente tipologia di abitazioni, con ridotte presenze invernali.

Sia in estate che in inverno si sono avute concentrazioni maggiori di levoglucosano a Chiappa, probabilmente in relazione a un diffuso utilizzo del riscaldamento domestico con biomasse e probabilmente dalla presenza di forni a legna.

Relativamente al contenuto di **OC/EC** nel **PM10** si rileva che la concentrazione di **OC** nei campioni non ha evidenziato particolari differenze tra le postazioni in periodi stagionali analoghi e gli andamenti temporali sono più indicativi di una omogenea diffusione di OC in aria senza significative influenze locali. Infatti nel periodo invernale la concentrazione media è rimasta compresa tra $2,98$ e $3,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutte le postazioni e

tra 3,86 e 4,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ confermando l'influenza delle sorgenti di emissione "naturali" biogeniche di OC che in estate sono superiori rispetto a quelle antropiche.

Stranamente anche la concentrazione media di EC non manifestato differenze tra estate e inverno: questo potrebbe dipendere dalla diminuzione del peso relativo delle emissioni primarie delle sorgenti invernali di EC (riscaldamento, traffico, ecc.), da fattori meteorologici, ma anche da un maggior peso delle sorgenti del porto che aumentano di importanza con l'avanzare della stagione turistica.

Annualmente l'OC rappresenta il 19-22% della massa del PM10 e EC il 3-4% quindi la somma di OC e EC ha rappresentato in media circa un quinto della massa del PM10 della Spezia, in linea con quanto riscontrabile anche in altri siti.

Dall'esame dell'andamento del rapporto OC/EC si evidenzia che è superiore in estate, in accordo con quanto riportato in letteratura perché è principalmente influenzato dall'aumento di produzione secondario di OC per attività fotochimica e dalle maggiori emissioni di precursori biogenici di aerosol secondario organico; in inverno invece le sorgenti primarie di EC sono prevalenti.

In sintesi, dall'analisi dei dati del triennio 2014-16 si conferma che l'area della Spezia presenta uno stato ambientale senza una pressione antropica preponderante; infatti le postazioni, sia urbane che extraurbane, presentano deposizioni con caratteristiche simili sia come entità che come composizione. Si evidenziano solo contenute variazioni stagionali nelle postazioni urbane probabilmente a causa del ruolo che può assumere in inverno il riscaldamento domestico, in concorso con fattori meteorologici favorevoli all'accumulo di inquinanti al suolo.

Casi a parte sono le postazioni di Baccano di Arcola e Fossamastra.

Nella postazione di Baccano di Arcola si hanno deposizioni con caratteristiche anomale per Piombo e PCB dovute, con buona probabilità, ad una fonte emissiva saltuaria, a carattere prettamente locale, che influenza solo questo sito.

Nella postazione di Fossamastra si hanno deposizioni con caratteristiche sostanzialmente analoghe a quelle di tutte le altre postazioni urbane ma in quantità nettamente maggiore e praticamente equivalenti in tutti i periodi monitorati. Le concentrazioni di PM10, invece, sono comparabili con quelle rilevate nelle altre postazioni urbane della RQA ad indicare la presenza di polvere a granulometria grossolana già discussa sia negli elaborati della prescrizione 18³³, relativa al monitoraggio delle attività di movimentazione del carbone dallo scarico delle navi in banchina al rifornimento della camera di combustione della Centrale ENEL, che in studi pregressi sull'area di Fossamastra.³⁴

Il proseguo del monitoraggio permetterà di valutare meglio gli andamenti ad oggi riscontrati perché sarà disponibile una base dati più ampia per meglio definire il quadro ad oggi emerso.

³³ gli studi hanno rilevato presenza di carbone incombusto nelle deposizioni di Fossamastra in quantità dell'ordine dell'1%

³⁴ rif. note ARPAL nr.31455 del 31/10/2012 "[Monitoraggio della qualità dell'aria nella zona di Fossamastra](#)" e nr. 2046 del 27/01/2014 "[Analisi qualitativa campioni di polveri depositate su superfici esposte nella zona est della Spezia](#)"

Inoltre, per migliorare la rappresentatività dello studio, in linea con l'applicazione del D.Lgs 155/2010, le campagne verranno effettuate nell'arco delle quattro stagioni.

Considerando il basso rateo di deposizione delle diossine nel triennio esaminato e la loro diffusione ubiquitaria nell'area, è stato possibile limitare il numero delle postazioni in cui effettuare il loro monitoraggio garantendo la rappresentatività.

Contestualmente si è deciso di mantenere il monitoraggio continuativo presso la postazione di Melara, area indicata dal modello diffusionale della prescrizione n.15 come soggetta alla massima deposizione delle emissioni ENEL, ed eseguire approfondimenti sulla attribuzione dei contributi delle varie sorgenti al PM10 in alcune postazioni opportunamente scelte.

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



9. Riferimenti bibliografici

Argiriadis, E., Rada, E. C., Vecchiato, M., Zambon, S., Ionescu, G., Schiavon, M., Gambaro, A. (2014). Assessing the influence of local sources on POPs in atmospheric depositions and sediments near Trento (Italy). *Atmospheric Environment*, 98, 32-40.

ARPA Piemonte Dip. Novara (2014). Relazione tecnica sulle deposizioni atmosferiche in comune di Cerano.

ARPA Val d'Aosta, 2010. "Monitoraggio delle deposizioni atmosferiche - periodo 2008/2009" reperibile al sito: http://www.arpa.vda.it/images/stories/ARPA/aria/datiQA/deposimetri/relazione_deposimetri_2008_2009.pdf.

Bodenan, F., Michel, P., Cary, L., Leynet, A., & Piantone, P. (2011). Environmental surveillance of incinerators: 2006-2009 data on dioxin/furan atmospheric deposition and associated thresholds. In *31st International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants DIOXIN 2011* (p. 4104).

Bond, T.C., Bergstrom, R.W. (2007). Light absorption by carbonaceous particles: an investigative review. *Aerosol Sci. Technol.* 40, 27-67.

Bove M.C., Brotto P., Cassola F., Cuccia E., Massabò D., Mazzino A., Piazzalunga A., Prati P. (2014). *Atmospheric Environment* 94, 274-286.

Bove M.C., Brotto P., Calzolari G., Cassola F., Cavalli F., Fermo P., Hjorth J., Massabò D., Nava S., Piazzalunga A., Schembari C., Prati. (2016). PM10 source apportionment applying PMF and chemical tracer analysis to ship-borne measurements in the Western Mediterranean. *Atmospheric Environment* 125, 140-151.

Cesari D., Donateo A., Conte M., Contini D. (2016). Inter-comparison of source apportionment of PM10 using PMF and CMB in three sites nearby an industrial area in central Italy. *Atmospheric Research* 182, 282-293.

CESI (2014), Centrale Enel E. Montale di La Spezia: Prescrizione n.15 del Parere istruttorio della Commissione IPPC relativo al rilascio dell'AIA. Realizzazione di un modello delle emissioni e delle ricadute. Prot. B4022745 del 19/09/2014 trasmesso con note Enel-PRO-25/09/2014-0038660, Enel-PRO-25/09/2014-0038661 e Enel-PRO-25/09/2014-0038662.

Chow, Judith C., et al. (2011). PM 2.5 source profiles for black and organic carbon emission inventories. *Atmospheric Environment* 45, 5407-5414.

Cornelis C., De Brouwere K., De Fré R., Goyvaerts M.P., Schoeters G., Swaans W., Van Holderbeke M. (2007). Proposal for environmental guideline values for atmospheric deposition of dioxins and PCBs. Study accomplished under the authority of VMM 2007/IMS/R/277. Final report.

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Cuccia E., Massabò D., Ariola V., Bove M.C., Fermo P., Piazzalunga A., Prati P. (2014). Size-resolved comprehensive characterization of airborne particulate matter. *Atmospheric Environment* 67, 14-26.

Duan F., Liu X., Yu T., and Cachier H. (2004). Identification and estimate of biomass burning contribution to the urban aerosol organic carbon concentrations in Beijing” *Atmos. Environ.* 38, 1275.

Esposito, V., Maffei, A., Ficocelli, S., Spartera, M., Giua, R., & Assennato, G. (2012). Dioxins from industrial emissions to the environment. The Taranto case study. *Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 3, 42-8.

Guerzoni, S., Rampazzo, G., Molinaroli, E., & Rossini, P. (2005). Atmospheric bulk deposition to the Lagoon of Venice: Part II. Source apportionment analysis near the industrial zone of Porto Marghera, Italy. *Environment international*, 31 (7), 975-982.

Handler, M., Puls, C., Zbiral, J., Marr, I., Puxbaum, H., Limbeck, A. (2008). Size and composition of particulate emissions from motor vehicles in the Kaisermuhlen Tunnel, Vienna. *Atmospheric Environment* 42, 2173-2186.

Jacobson, Mark Z. (2000). "Physically-based treatment of elemental carbon optics: Implications for global direct forcing of aerosols." *Geophysical Research Letters* 27.2 217-220.

Kanakidou, M., et al. (2005). "Organic aerosol and global climate modelling: a review", *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 1053–1123, <http://www.atmos-chem-phys.net/5/1053/2005/>.

Masclat et al., 1986

Menichini, E., & Viviano, G. (2004). Trattamento dei dati inferiori al limite di rivelabilità nel calcolo dei risultati analitici. Rapporto ISTISAN 04/15.

Menichini, E., Iacovella, N., Monfredini, F., & Turrio-Baldassarri, L. (2007). Atmospheric pollution by PAHs, PCDD/Fs and PCBs simultaneously collected at a regional background site in central Italy and at an urban site in Rome. *Chemosphere*, 69 (3), 422-434.

Miguel, A. H., Kirchstetter, T. W., Harley, R. A., & Hering, S. V. (1998). On-road emissions of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons and black carbon from gasoline and diesel vehicles. *Environmental Science & Technology*, 32(4), 450-455.

Motelay-Massei, A., Ollivon, D., Garban, B., & Chevreuril, M. (2002). Atmospheric deposition of toxics onto the Seine Estuary, France: example of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 2 (5), 1351-1369.

Ollivon, D., Blanchoud, H., Motelay-Massei, A., & Garban, B. (2002). Atmospheric deposition of PAHs to an urban site, Paris, France. *Atmospheric Environment*, 36 (17), 2891-2900.

Piazzalunga A., Belis C., Bernardoni V., Cazzulli O., Fermo P., Valli G., Vecchi R. (2011). *Atmospheric Environment* 45, 6642–6649.

Plumb, R. H. (2004). Fingerprint Analysis of Contaminant Data: A Forensic Tool for Evaluating Environmental Contamination. *EPA/600/5-04/054*.

Rada, E. C., Ragazzi, M., & Schiavon, M. (2014). Assessment of the local role of a steel making plant by POPs deposition measurements. *Chemosphere*, 110, 53-61.

Rossini, P., De Lazzari, A., Guerzoni, S., Molinaroli, E., Rampazzo, G., & Zancanaro, A. (2001). Atmospheric input of organic pollutants to the Venice lagoon. *ANNALI DI CHIMICA*, 91(7/8), 491-502.

Sandrini, S., Fuzzi, S., Piazzalunga, A. Prati, P., Bonasoni, P., Cavalli, F., Bove, M. C., Calvello M., Cappelletti, D., Colombi, C. et al. (2014). Spatial and seasonal variability of carbonaceous aerosol across Italy. *Atmospheric Environment*, 99, 587-598.

Schmidl C., Marr I.L., Caseiro A., Kotianova P., Berner A., Bauer H., Kasper-Giebl A., and Puxbaum, H. (2008). *Atmos. Environ.* 42, 126.

Simoneit B.R.T. (1999). *Environ. Sci. Pollut. Res.* 6, 159.

Szidat, Sönke, et al. (2009). "Fossil and non-fossil sources of organic carbon (OC) and elemental carbon (EC) in Göteborg, Sweden." *Atmospheric Chemistry and Physics* 9.5 1521-1535.

Tørseth, K., Aas, W., Breivik, K., Fjæraa, A. M., Fiebig, M., Hjellbrekke, A. G., ... & Yttri, K. E. (2012). Introduction to the European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) and observed atmospheric composition change during 1972–2009. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12(12), 5447-5481

Tsigaridis, et al. (2006). "Change in global aerosol composition since preindustrial times", *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 5143–5162.

Van Lieshout, L., Desmedt, M., Roekens, E., De Fré, R., Van Cleuvenbergen, R., & Wevers, M. (2001). Deposition of dioxins in Flanders (Belgium) and a proposition for guide values. *Atmospheric Environment*, 35, S83-S90.

Venturini, E., Vassura, I., Ferroni, L., Raffo, S., Passarini, F., Beddows, D. C., & Harrison, R. M. (2013). Bulk deposition close to a municipal solid waste incinerator: one source among many. *Science of the Total Environment*, 456, 392-403.

Wang, Zhendi, and Scott Stout. (2010) Oil spill environmental forensics: fingerprinting and source identification. *Academic Press*.

APPENDICE 1

FATTORI DI TOSSICITÀ DI PCDD, PCDF E PCB



Policlorodibenzodiossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e PCB dioxin like (DL), determinati nelle deposizioni e i loro fattori di tossicità (TEF) secondo quanto sviluppato in ambito NATO e dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità (World Health Organization - WHO):

Compound	NATO, 1998	WHO 1998 TEF	WHO 2005 TEF*
<i>chlorinated dibenzo-p-dioxins</i>			
2,3,7,8-TCDD	1	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	0.5	1	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.01	0.01
OCDD	0.001	0.0001	0.0003
<i>chlorinated dibenzofurans</i>			
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.05	0.03
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	0.5	0.3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01	0.01
OCDF	0.001	0.0001	0.0003
<i>non-ortho substituted PCBs</i>			
PCB 77		0.0001	0.0001
PCB 81		0.0001	0.0003
PCB 126		0.1	0.1
PCB 169		0.01	0.03
<i>mono-ortho substituted PCBs</i>			
105		0.0001	0.00003
114		0.0005	0.00003
118		0.0001	0.00003
123		0.0001	0.00003
156		0.0005	0.00003
157		0.0005	0.00003
167		0.00001	0.00003
189		0.0001	0.00003

* I numeri in grassetto Numbers in bold indicano un cambio del valore del TEF

Riferimento: *Van den Berg et al. The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds*

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia

Tel. +3901872814 fax +39 0106437441

PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it

C.F. e P.IVA 01305930107



RINA

BS OHSAS 18001
Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato



APPENDICE 2

PRECIPITAZIONI DURANTE I PERIODI DI MONITORAGGIO

Valori in millimetri (mm) di precipitazione.
Campagna P14 16/1 - dal 26/02/2016 al 30/03/2016

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Bolano	Comune
Ven	26-feb-16	2	4,4	3,8	4,6
Sab	27-feb-16	44,6	38,2	35,8	56
Dom	28-feb-16	31,8	31,6	24,6	15,6
Lun	29-feb-16	12	8,6	13,4	5,4
Mar	01-mar-16	0,2	0	0	0
Mer	02-mar-16	1,4	0	6	0,8
Gio	03-mar-16	0,2	0	0,4	0
Ven	04-mar-16	3	0	4	6
Sab	05-mar-16	13	0	22,8	8,4
Dom	06-mar-16	0	0	2,2	0
Lun	07-mar-16	0	0	0	0
Mar	08-mar-16	3,2	0	5,2	2,6
Mer	09-mar-16	0,2	0	0	0
Gio	10-mar-16	0	0	0	0
Ven	11-mar-16	0	0	0	0
Sab	12-mar-16	0	0	0	0
Dom	13-mar-16	0	0	0	0
Lun	14-mar-16	0	0	0	0
Mar	15-mar-16	0	0	0	0
Mer	16-mar-16	0	0	0	0
Gio	17-mar-16	0	0	0	0
Ven	18-mar-16	0	0	0	0
Sab	19-mar-16	0	0	0	0
Dom	20-mar-16	0,8	0	1,2	0,2
Lun	21-mar-16	8	0	7,2	6,8
Mar	22-mar-16	0,2	0	0	0
Mer	23-mar-16	0	0	0	0
Gio	24-mar-16	0	0	0	0
Ven	25-mar-16	0	0	0	
Sab	26-mar-16	0	0	0	0
Dom	27-mar-16	0	0	0	1,2
Lun	28-mar-16	14,8	0	11	
Mar	29-mar-16	1,8	0	1,4	0,2
Mer	30-mar-16	0,2	0	0,8	0
Totale (mm)		137,4	82,8	139,8	107,8

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia

Tel. +3901872814 fax +39 0106437441

 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it

C.F. e P.IVA 01305930107


RINA

 BS OHSAS 18001
Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato




Campagna P14 16/2 - dal 31/03/2016 al 27/04/2016

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Bolano	Comune
Gio	31-mar-16	0	0	0	0
Ven	01-apr-16	0	0	0	0
Sab	02-apr-16	0	0	0	0
Dom	03-apr-16	0	0	0	0
Lun	04-apr-16	0	0	0	0
Mar	05-apr-16	0	0	0	0
Mer	06-apr-16	0	0	0	0
Gio	07-apr-16	0	0	0	0
Ven	08-apr-16	0	0	0	0
Sab	09-apr-16	0,4	0,2	1,2	0,4
Dom	10-apr-16	0	0,2	0	0
Lun	11-apr-16	0,2	0	0	0
Mar	12-apr-16	0	0	0	0
Mer	13-apr-16	0	0	0	0
Gio	14-apr-16	0	0,2	0	0
Ven	15-apr-16	0	0	0	0
Sab	16-apr-16	0	0	0	0
Dom	17-apr-16	0	0	0	0
Lun	18-apr-16	0	0	0	0
Mar	19-apr-16	0	0	0	0
Mer	20-apr-16	0	0	0	0
Gio	21-apr-16	0	0	0	0
Ven	22-apr-16	0	0	1,4	1,4
Sab	23-apr-16	46,2	0	17,6	61,6
Dom	24-apr-16	14,2	0	17	14,8
Lun	25-apr-16	0,2	0	0	0
Mar	26-apr-16	1,8	0	2,8	2,4
Mer	27-apr-16	0	0	0	0
Totale (mm)		63,0	0,6	40,0	80,6

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107





Campagna P14 16/3 - dal 28/06/2016 al 27/07/2016

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Bolano	Comune
Mar	28-giu-16	0	0	0	0
Apr	29-giu-16	0	0	0	0
Mag	30-giu-16	0	0	0	0
Giu	01-lug-16	0	0	0	0
Lug	02-lug-16	0	0	0	0
Ago	03-lug-16	0	0	0,4	0,4
Set	04-lug-16	0	0	0	0
Ott	05-lug-16	0	0	0	0
Nov	06-lug-16	0	0	0	0
Dic	07-lug-16	0	0	0	0
Gen	08-lug-16	0	0	0	0
Feb	09-lug-16	0	0	0	0
Mar	10-lug-16	0	0	0	0
Apr	11-lug-16	0	0	0	0
Mag	12-lug-16	0	0	0	0
Giu	13-lug-16	0	0,2	0	0
Lug	14-lug-16	0	0	0,2	0
Ago	15-lug-16	0	0	0	0
Set	16-lug-16	0	0	0	0
Ott	17-lug-16	0	0	0	0
Nov	18-lug-16	0	0	0	0
Dic	19-lug-16	0	0	0	0
Gen	20-lug-16	0	0	0	0
Feb	21-lug-16	0	0	0	0
Mar	22-lug-16	0	0	0	0
Apr	23-lug-16	0	0	0	0
Mag	24-lug-16	2,4	0	23	0
Giu	25-lug-16	0,2	0	0,2	0
Lug	26-lug-16	0	0	0	0
Ago	27-lug-16	0	0	0	0
Totale (mm)		2,6	0,2	23,8	0,4

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
 BS OHSAS 18001
 Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
 Certificato



Campagna P14 16/4 - dal 28/07/2016 al 31/08/2016

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Bolano	Comune
Gio	28-lug-16	0	0	0	0
Ven	29-lug-16	0	0	0	0
Sab	30-lug-16	0	0	0	0
Dom	31-lug-16	0	0	0	0
Lun	01-ago-16	0	0	0	0
Mar	02-ago-16	0	0	0	0
Mer	03-ago-16	0	10,4	0	0
Gio	04-ago-16	0	0	0	0
Ven	05-ago-16	0,8	0,2	5	0,6
Sab	06-ago-16	0	0	0	0
Dom	07-ago-16	0	0	0	0
Lun	08-ago-16	0	0	0	0
Mar	09-ago-16	0	0	0	0
Mer	10-ago-16	0	0,2	7,2	0,2
Gio	11-ago-16	0	0	0,2	0
Ven	12-ago-16	0	0	0	0
Sab	13-ago-16	0	0	0	0
Dom	14-ago-16	0	0	0	0
Lun	15-ago-16	0	0	0	0
Mar	16-ago-16	0	0	0	0
Mer	17-ago-16	0	0	0	0
Gio	18-ago-16	0	0	0	0
Ven	19-ago-16	54,4	3	5,6	25,6
Sab	20-ago-16	0	0	0	0
Dom	21-ago-16	0	0	0	0
Lun	22-ago-16	0	0	0	0
Mar	23-ago-16	0	0	0	0
Mer	24-ago-16	0	0	0	0
Gio	25-ago-16	0	0	0	0
Ven	26-ago-16	0	0	0	0
Sab	27-ago-16	0	0	0	0
Dom	28-ago-16	0	0	0	0
Lun	29-ago-16	0	0	0	0
Mar	30-ago-16	0,6	1	16,2	0
Mer	31-ago-16	0	0	0	0
Totale (mm)		55,8	14,8	34,2	26,4

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia

Tel. +3901872814 fax +39 0106437441

 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it

C.F. e P.IVA 01305930107

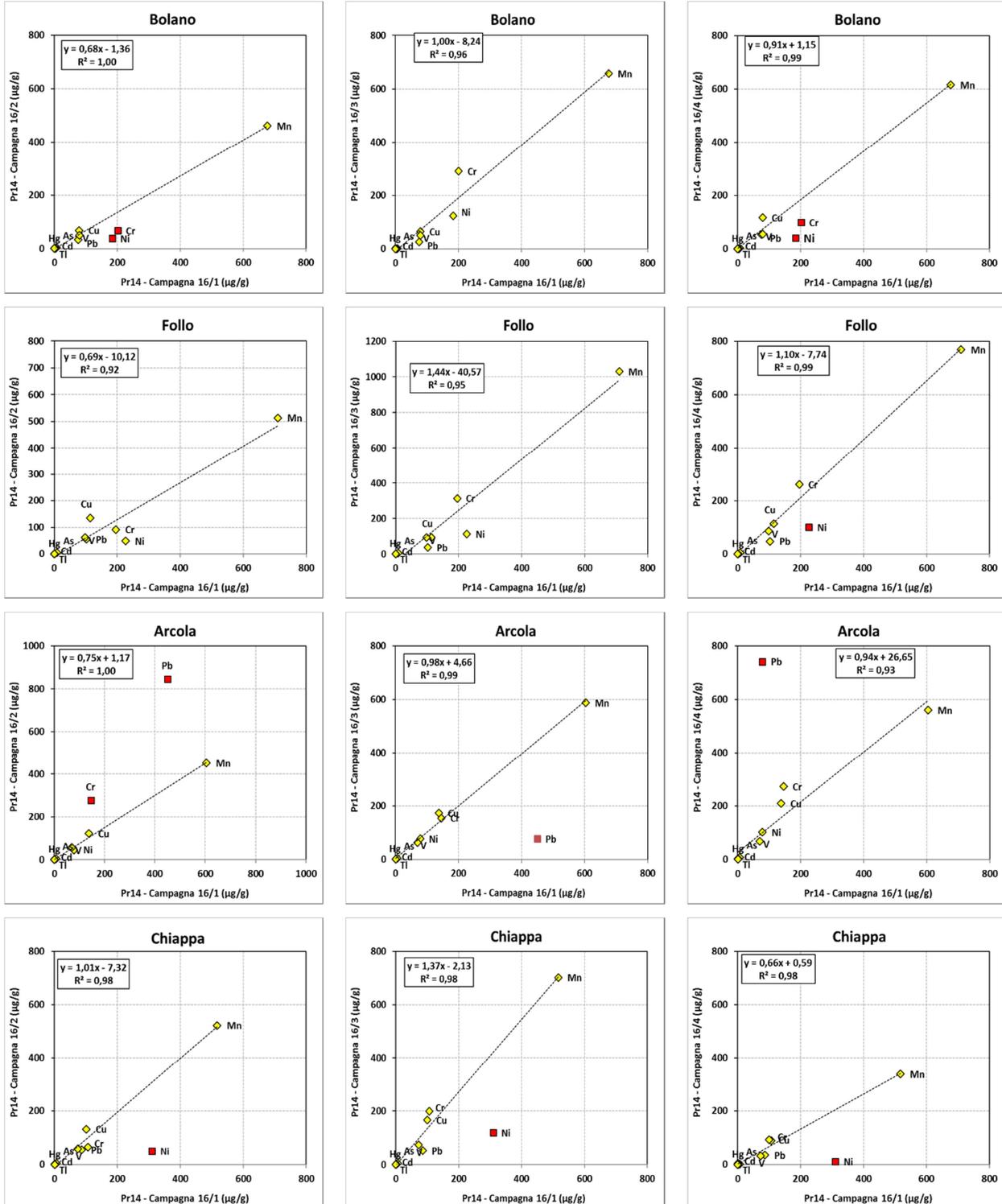

RINA
BS OHSAS 18001

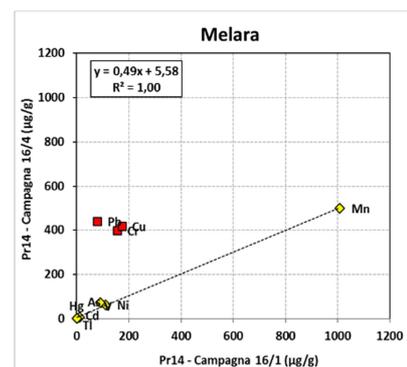
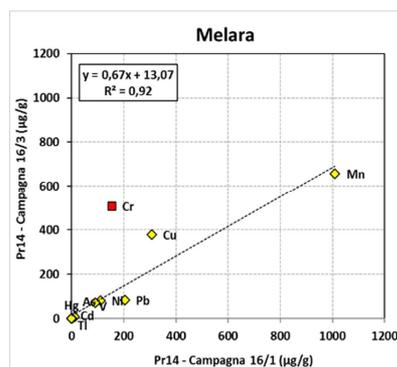
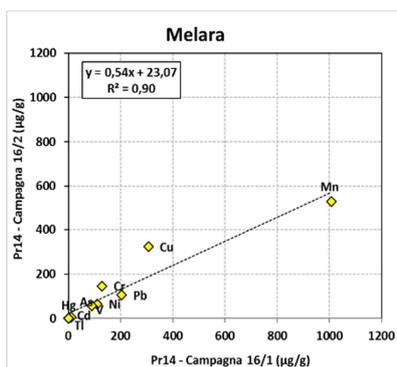
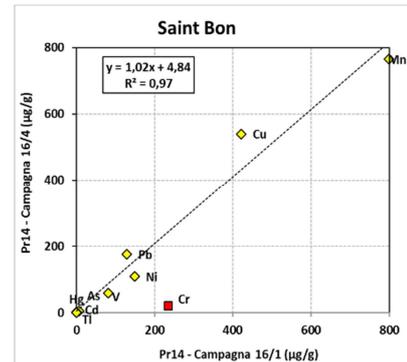
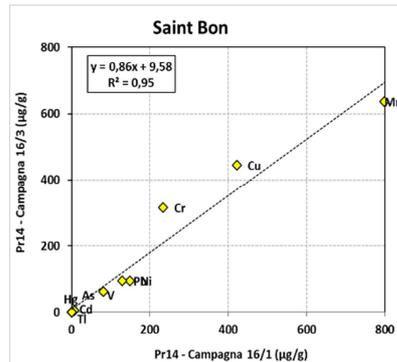
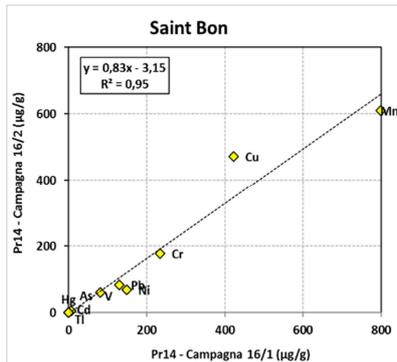
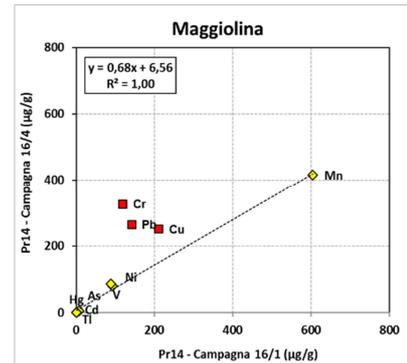
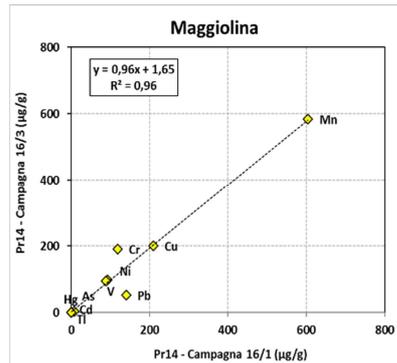
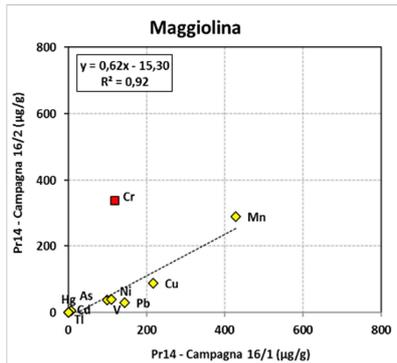
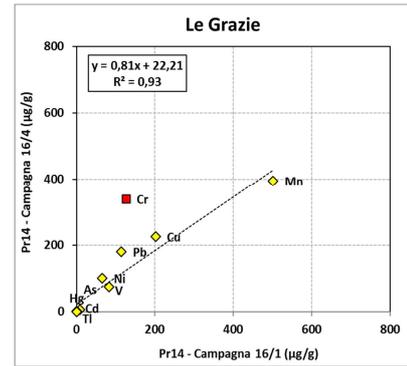
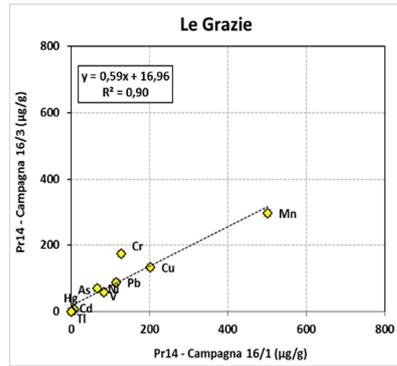
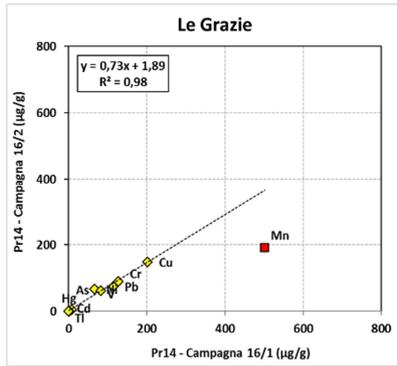
 Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato


APPENDICE 3

CORRELAZIONE METALLI NELLE SINGOLE POSTAZIONI, DURANTE LE CAMPAGNE 2016

Lo scopo dell'analisi è stato evidenziare possibili analogie nella composizione delle deposizioni tra una periodo di monitoraggio e l'altro, e valutare i metalli che si discostano sensibilmente da una correlazione lineare, evidenziandoli in rosso nelle figure.





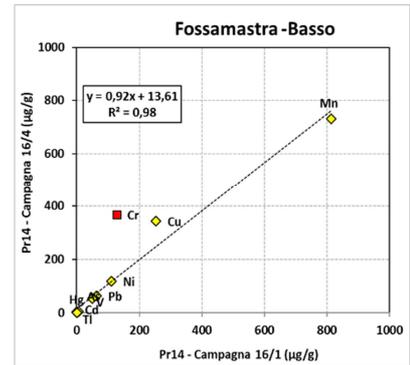
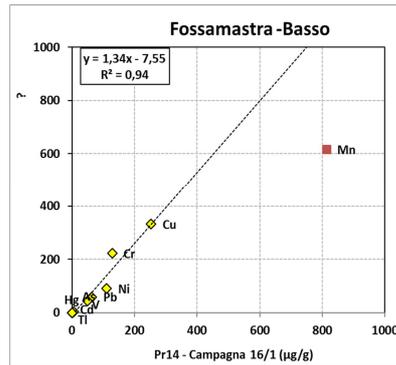
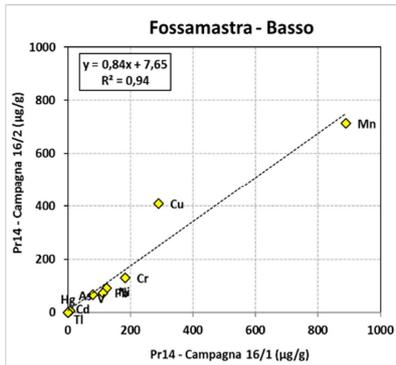
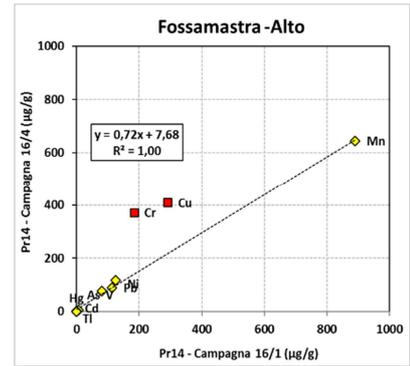
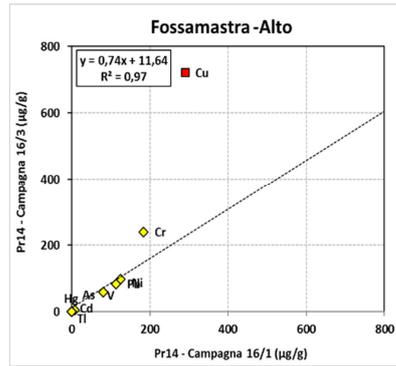
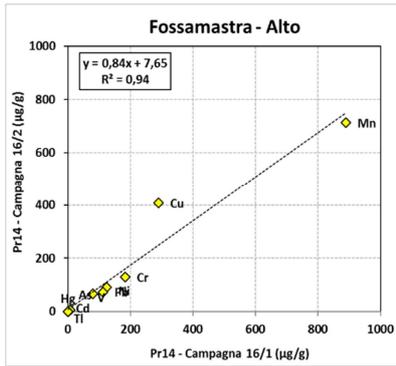
Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



RINA

BS OHSAS 18001
Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato





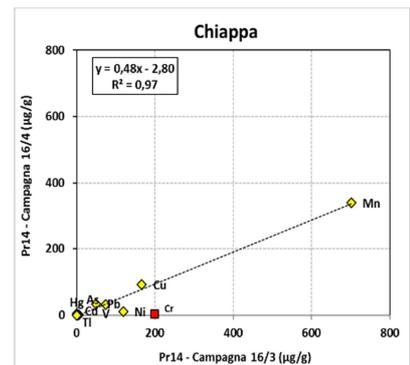
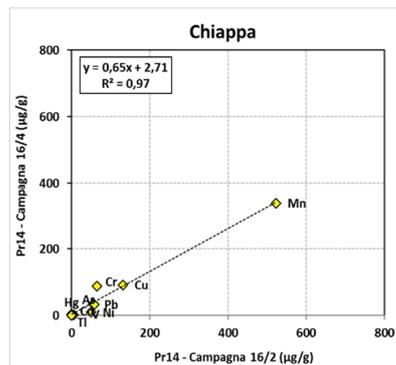
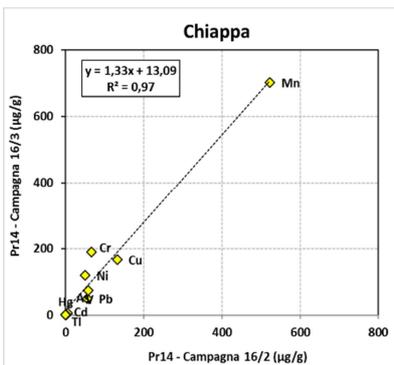
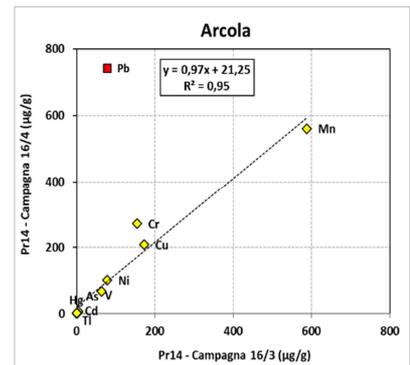
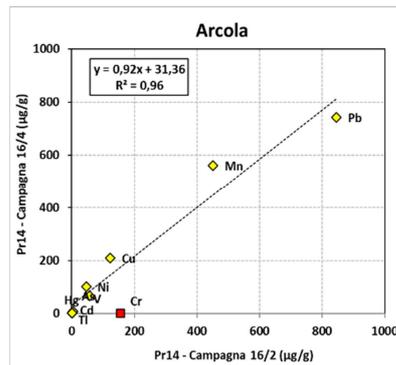
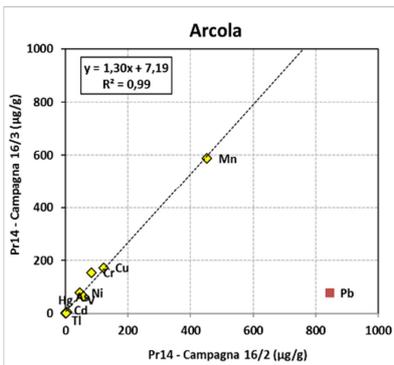
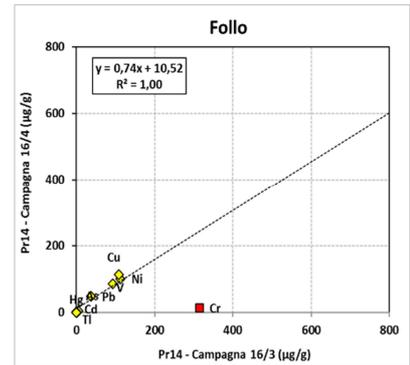
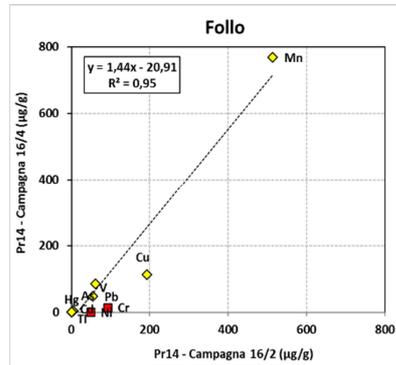
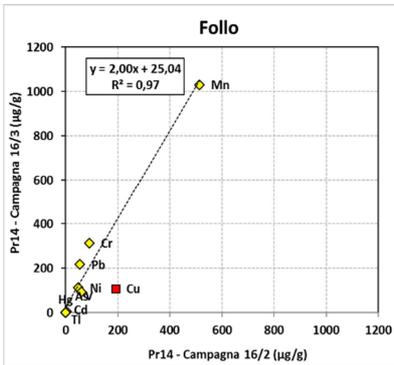
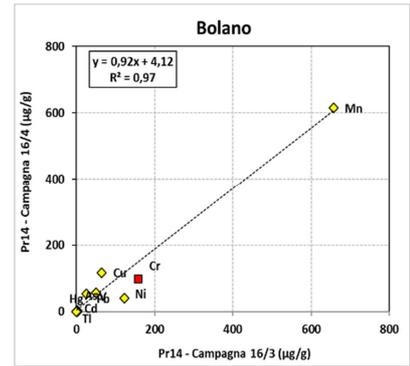
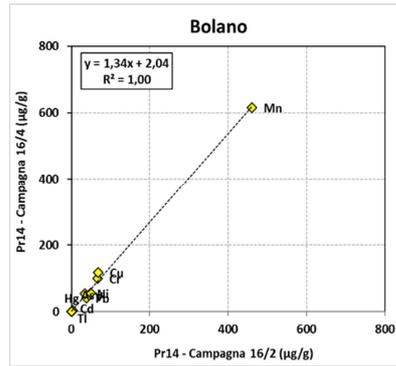
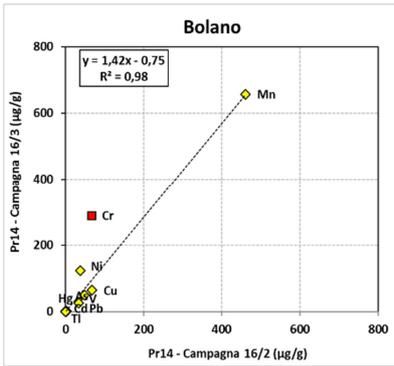
Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



RINA

BS OHSAS 18001
Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato



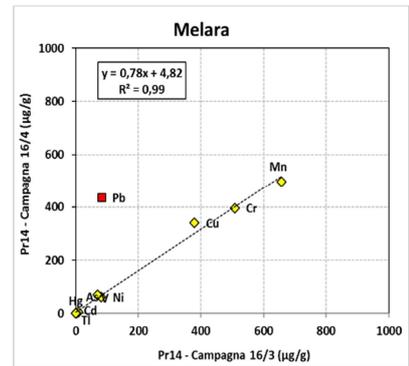
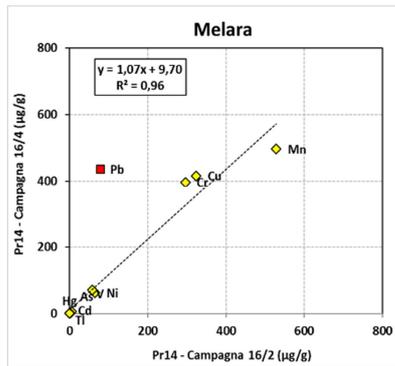
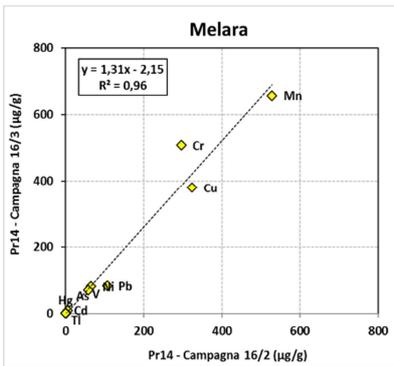
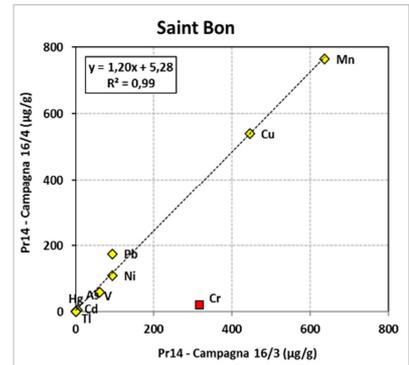
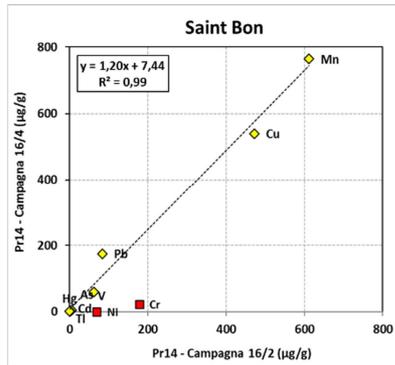
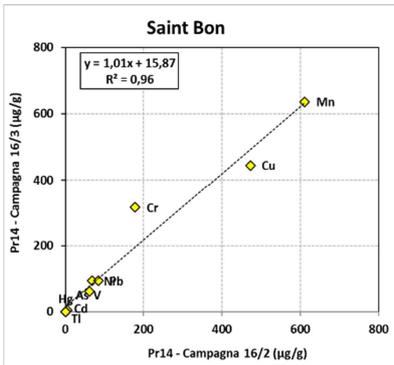
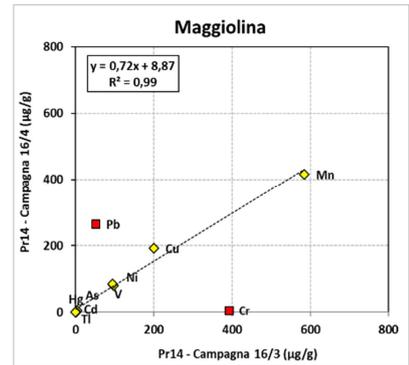
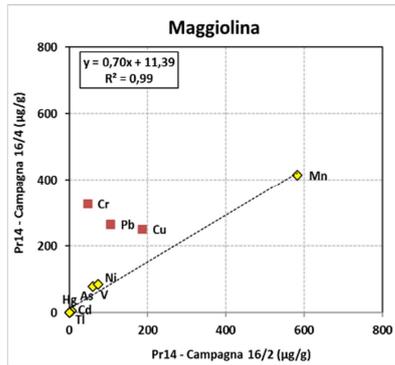
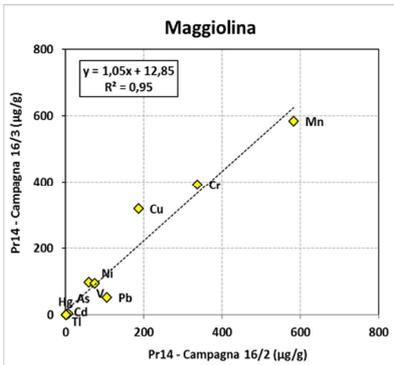
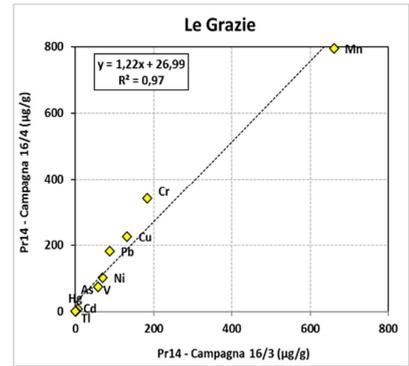
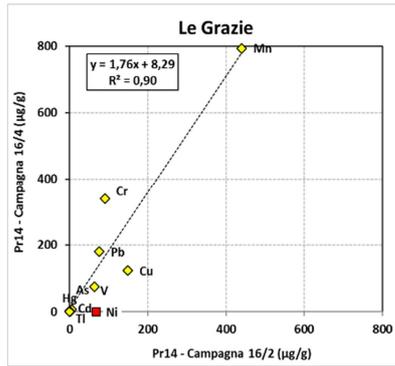
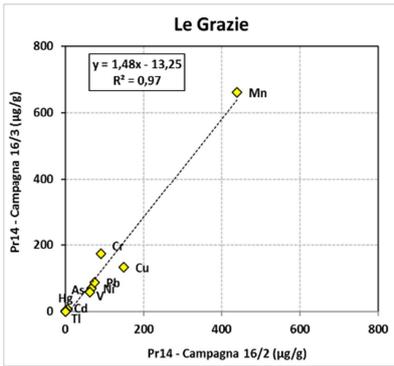


Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
BS OHSAS 18001
Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato



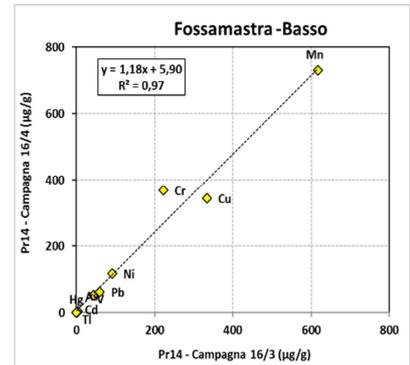
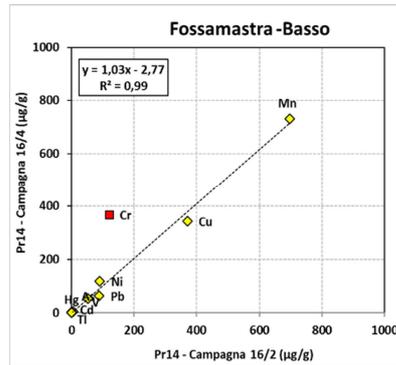
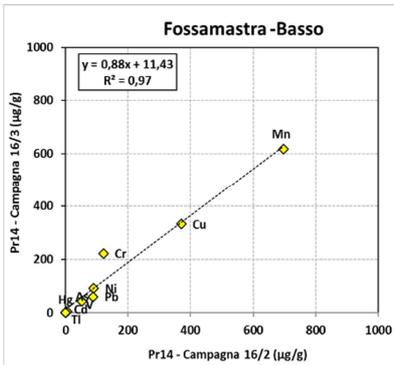
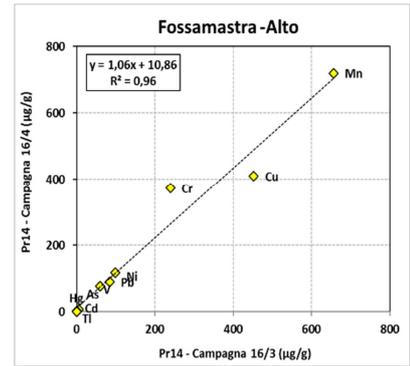
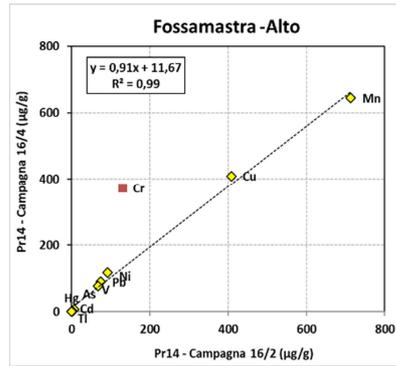
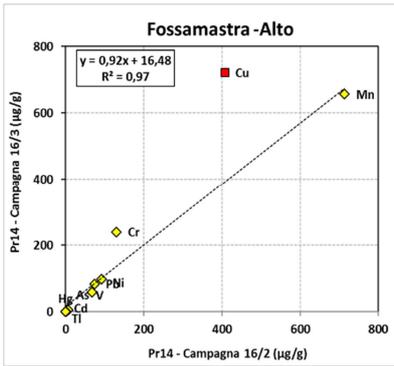


Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
 BS OHSAS 18001
 Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
 Certificato





Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



RINA
BS OHSAS 18001
Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato



APPENDICE 4

Circolazione dei venti del 23/03/16

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Il giorno 23/03/2016, durante la campagna P14 16/1 nella zona di Fossamastra si è sviluppato un incendio che ha interessato alcuni appartamenti ed il tetto di uno stabile di viale San Bartolomeo con possibile diffusione di composti organici, quali IPA e Diossine. Di seguito, pertanto si è voluto esaminare l'andamento del vento, intensità media e direzione media vettoriale giornaliera, e la rosa dei venti, relativi alla giornata dell'incendio e nei giorni a seguire, con lo scopo di valutare eventuali impatti dovuti al trasporto e alla ricaduta dei microinquinanti formatisi con l'incendio, nelle deposizioni raccolte per le varie postazioni.

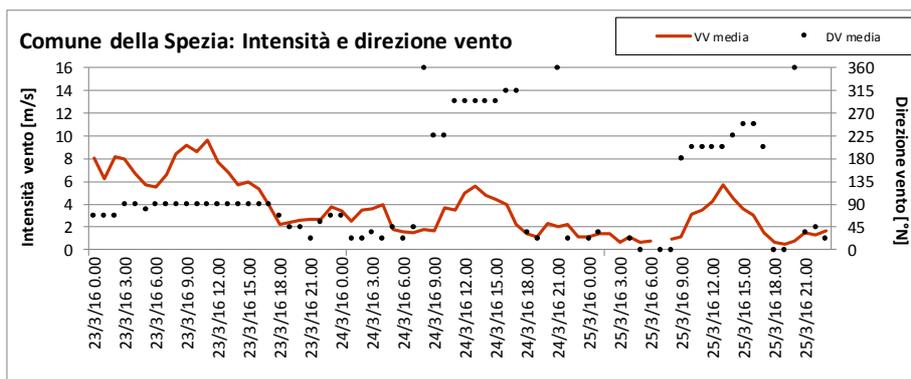


Figura 1 – Intensità e direzione vento 23-25 marzo 2016, postazione Comune della Spezia

Di seguito è riportata la rosa dei venti del periodo riportato nel grafico precedente.

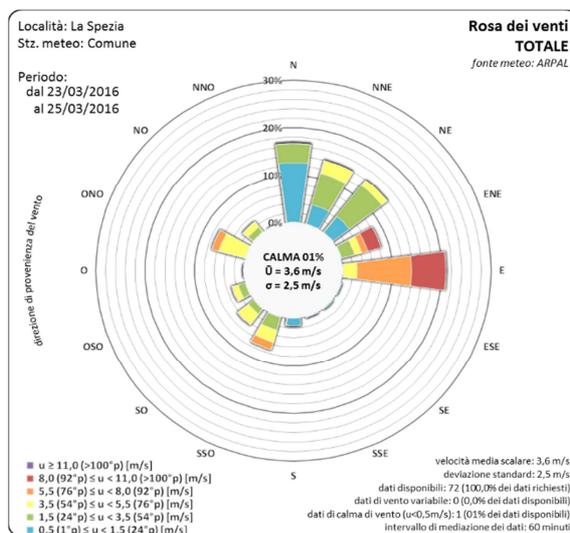


Figura 2 – rosa dei venti 23-25 marzo 2016, postazione Comune della Spezia

Il giorno 23/03/2016 è stato caratterizzato da venti provenienti prevalentemente da Est, con intensità moderata (tra 6 e 10 m/s), che hanno trasportato dalla zona di Fossamastra verso Ovest in direzione della città gli eventuali microinquinanti organici, quali IPA e Diossine, formatisi durante l'incendio (come è ben evidente dalle foto scattate durante l'evento presenti nel seguito).

Dipartimento Provinciale della Spezia
 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



Già nel corso del giorno successivo i venti si sono indeboliti e ruotati dai quadranti occidentali: ciò potrebbe aver portato le particelle di composti organici generate con l'incendio e non ancora ricadute al suolo verso i siti di monitoraggio posti nel settore nord orientale dell'area di studio, Bolano e Follo.

I fingerprint di PCDD/F riportati al cap. 5 hanno permesso di evidenziare quali postazioni abbiano effettivamente subito l'influenza delle ricadute dell'incendio ed il fatto che tale fenomeno non si sia riscontrato nelle postazioni presumibilmente non interessate dalla nube (quali Chiappa e Le Grazie) rende plausibile questa ricostruzione.



Figura 3 – Incendio in zona Fossamastra in data 23 marzo 2016



Figura 4 –Dispersioni di polveri in area molo Pagliari/Banchina ENEL in data 23 marzo 2016



ARPAL

Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure



APPENDICE 5

CONCENTRAZIONI DI PM10 NELLE POSTAZIONI DI CHIAPPA, LE GRAZIE E FOLLO

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



I valori evidenziati in rosso chiaro sono stati determinati gravimetricamente da ARPAL.
Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Campagna P14 16/1 - dal 26/02/2016 al 30/03/2016

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Follo
Ven	26-feb-16	-	14	14
Sab	27-feb-16	9	10	7
Dom	28-feb-16	11	12	7
Lun	29-feb-16	8	8	6
Mar	01-mar-16	13	12	11
Mer	02-mar-16	16	21	17
Gio	03-mar-16	7	8	5
Ven	04-mar-16	12	8	12
Sab	05-mar-16	18	18	15
Dom	06-mar-16	17	16	17
Lun	07-mar-16	12	10	13
Mar	08-mar-16	6	3	7
Mer	09-mar-16	3	3	5
Gio	10-mar-16	10	10	11
Ven	11-mar-16	11	10	8
Sab	12-mar-16	13	10	9
Dom	13-mar-16	13	9	11
Lun	14-mar-16	13	12	4
Mar	15-mar-16	8	11	14
Mer	16-mar-16	7	8	7
Gio	17-mar-16	7	7	5
Ven	18-mar-16	17	16	18
Sab	19-mar-16	17	18	21
Dom	20-mar-16	16	15	17
Lun	21-mar-16	23	9	11
Mar	22-mar-16	10	10	7
Mer	23-mar-16	13	14	13
Gio	24-mar-16	5	12	12
Ven	25-mar-16	7	6	16
Sab	26-mar-16	13	13	20
Dom	27-mar-16	16	15	13
Lun	28-mar-16	12	10	13
Mar	29-mar-16	17	17	2
Mer	30-mar-16	21	15	22

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107





ARPAL

Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Campagna P14 16/2 - dal 31/03/2016 al 27/04/2016

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Follo
Gio	31-mar-16	23	22	20
Ven	01-apr-16	34	4	29
Sab	02-apr-16	37	20	24
Dom	03-apr-16	20	18	20
Lun	04-apr-16	22	19	24
Mar	05-apr-16	28	21	32
Mer	06-apr-16	25	21	31
Gio	07-apr-16	30	30	33
Ven	08-apr-16	36	40	39
Sab	09-apr-16	22	23	24
Dom	10-apr-16	12	15	16
Lun	11-apr-16	16	16	15
Mar	12-apr-16	26	28	27
Mer	13-apr-16	24	19	23
Gio	14-apr-16	22	22	21
Ven	15-apr-16	19	20	17
Sab	16-apr-16	21	23	19
Dom	17-apr-16	38	47	33
Lun	18-apr-16	22	25	22
Mar	19-apr-16	13	14	15
Mer	20-apr-16	35	15	19
Gio	21-apr-16	17	16	18
Ven	22-apr-16	2	14	11
Sab	23-apr-16	10	9	7
Dom	24-apr-16	10	11	2
Lun	25-apr-16	5	12	4
Mar	26-apr-16	13	25	11
Mer	27-apr-16	27	28	16

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia

Tel. +3901872814 fax +39 0106437441

PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it

C.F. e P.IVA 01305930107



RINA

BS OHSAS 18001
Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato



Campagna P14 16/3 - dal 28/06/2016 al 27/07/2016

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Follo
Mar	28-giu-16	16	18	-
Apr	29-giu-16	20	19	23
Mag	30-giu-16	18	17	-
Giu	01-lug-16	19	41	21
Lug	02-lug-16	14	22	25
Ago	03-lug-16	20	25	20
Set	04-lug-16	2	16	18
Ott	05-lug-16	19	23	18
Nov	06-lug-16	20	25	25
Dic	07-lug-16	24	23	27
Gen	08-lug-16	21	21	24
Feb	09-lug-16	18	21	21
Mar	10-lug-16	16	19	25
Apr	11-lug-16	9	20	22
Mag	12-lug-16	23	20	23
Giu	13-lug-16	31	31	30
Lug	14-lug-16	26	16	15
Ago	15-lug-16	7	12	11
Set	16-lug-16	9	10	9
Ott	17-lug-16	13	15	20
Nov	18-lug-16	16	17	22
Dic	19-lug-16	16	18	25
Gen	20-lug-16	21	26	27
Feb	21-lug-16	17	17	26
Mar	22-lug-16	15	19	20
Apr	23-lug-16	18	25	18
Mag	24-lug-16	19	25	25
Giu	25-lug-16	22	24	24
Lug	26-lug-16	25	27	26
Ago	27-lug-16	24	-	23

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia

Tel. +3901872814 fax +39 0106437441

 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it

C.F. e P.IVA 01305930107





ARPAL

Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Campagna P14 16/4 - dal 28/07/2016 al 31/08/2016

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Follo
Gio	28-lug-16	22	-	21
Ven	29-lug-16	20	20	25
Sab	30-lug-16	18	25	19
Dom	31-lug-16	19	6	5
Lun	01-ago-16	11	-	21
Mar	02-ago-16	18	-	20
Mer	03-ago-16	15	-	16
Gio	04-ago-16	5	-	17
Ven	05-ago-16	14	1	7
Sab	06-ago-16	5	8	-
Dom	07-ago-16	8	10	7
Lun	08-ago-16	13	20	15
Mar	09-ago-16	10	16	18
Mer	10-ago-16	15	19	13
Gio	11-ago-16	8	20	6
Ven	12-ago-16	11	14	15
Sab	13-ago-16	11	15	9
Dom	14-ago-16	12	18	17
Lun	15-ago-16	12	14	14
Mar	16-ago-16	12	17	14
Mer	17-ago-16	9	12	15
Gio	18-ago-16	18	18	20
Ven	19-ago-16	22	22	15
Sab	20-ago-16	23	24	23
Dom	21-ago-16	22	21	23
Lun	22-ago-16	15	13	8
Mar	23-ago-16	8	13	-
Mer	24-ago-16	8	12	10
Gio	25-ago-16	14	5	16
Ven	26-ago-16	16	16	18
Sab	27-ago-16	18	15	26
Dom	28-ago-16	19	18	23
Lun	29-ago-16	6	20	14
Mar	30-ago-16	20	21	19
Mer	31-ago-16	17	17	21

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia

Tel. +3901872814 fax +39 0106437441

PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it

C.F. e P.IVA 01305930107



RINA

BS OHSAS 18001
Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
Certificato



APPENDICE 6

DESCRIZIONE DELLE POSTAZIONI

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Postazione	Baccano di ARCOLA - AR
Tipologia	fondo suburbano
Coordinate-quota	44° 6'41.75"N - 9°53'49.14"E - 135 m slm
Parametri monitorati (*)	metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche



Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è ai margini del piazzale (adibito a parcheggio) adiacente la scuola primaria di Baccano, in prossimità dello spartiacque tra Golfo e Valle del Magra

Il sito è sufficientemente aperto specie per le direzioni di vento da W; si segnala in direzione SW un unico ostacolo costituito da un albero ad alto fusto perenne.

Nel raggio di circa 50 si segnala la presenza dei primi terreni coltivati.



	marca	modello	S/N	note
Deposimetro organici (*)	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in Pirex
Deposimetro inorganici (*)	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in plastica

(*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

Postazione	CHIAPPA - CH
Tipologia	fondo suburbano
Coordinate-quota	44° 7'23.11"N - 9°48'5.06"E - 65 m slm
Parametri monitorati (*)	metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche – PM10 – EC/OC - levoglucosano - meteo



Note caratteristiche del sito

La strumentazione integrativa è stata collocata in adiacenza alla postazione della RQA e circondata da apposita recinzione.

Il sito di misura è all'interno del giardino della scuola materna, posta quasi al centro della valle che dalla zona W della città si eleva fino al valico della Foce della Spezia. La postazione è circondata da terreni prevalentemente coltivati ad ulivo con presenza di cespugli nelle immediate vicinanze che comunque non disturbano in modo significativo la misura.

La zona è caratterizzata prevalentemente da insediamenti di tipo residenziale con la principale attività costituita da una fonderia, posta a S, ad una distanza di circa 300 m.



	marca	modello	S/N	note
Deposimetro organici (*)	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in Pirex
Deposimetro inorganici (*)	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in plastica
Temperatura aria	LASTEM	-	-	
PM10 (*)	TECORA	-	-	
Umidità relativa	LASTEM	-	-	
Umidità relativa	LASTEM	-	-	
Radiazione solare	LASTEM	-	-	
Precipitazione	LASTEM	-	-	
Pressione atmosferica	LASTEM	-	-	
Velocità e direzione vento	GILL	-	-	sonico, su palo a 10 m

(*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

Postazione	FOLLO - FL
Tipologia	fondo suburbano
Coordinate-quota	44° 9'53.39"N - 9°51'1.83"E - 220 m slm
Parametri monitorati (*)	metalli – IPA – PCB d/ – Diossine – specie ioniche – PM10 – EC/OC - levoglucosano - meteo



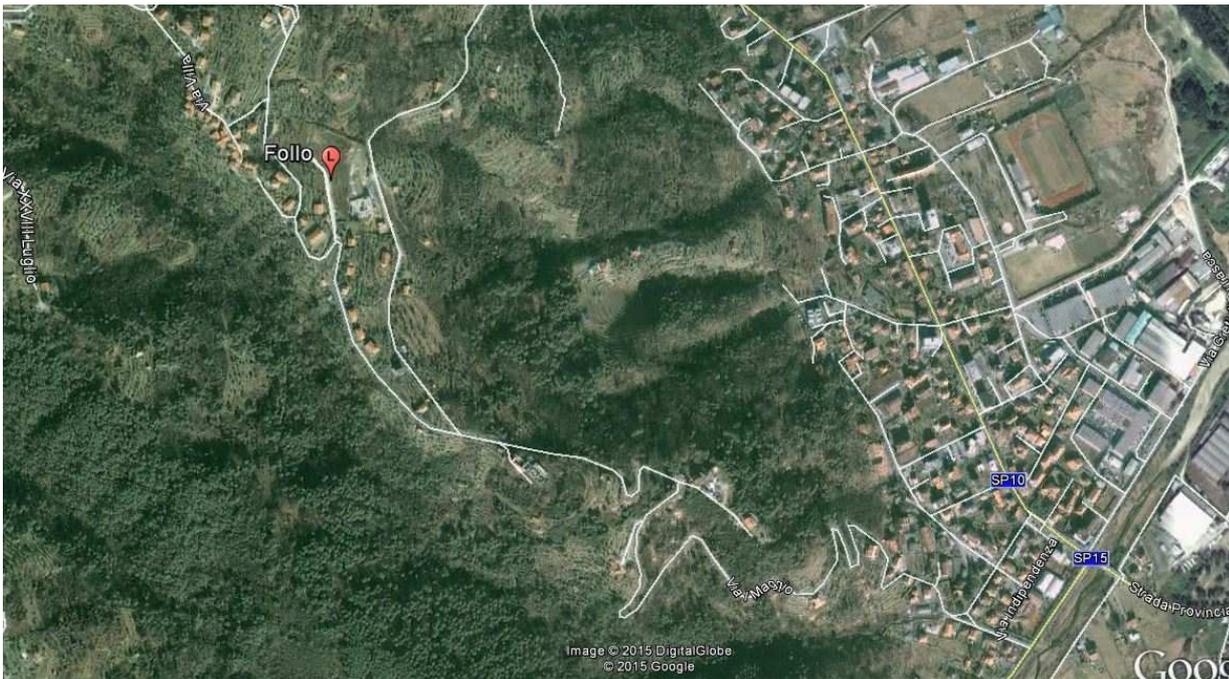
Note caratteristiche del sito

La strumentazione integrativa è stata collocata sul tetto di una cabina di ENEL Distribuzione, resa opportunamente accessibile allo scopo del monitoraggio.

Il sito di misura è posto nella valle del Fiume Vara in prossimità del crinale, senza alcuna criticità significativa dal punto di vista di eventuali ostacoli limitrofi; è circondato da terreni parzialmente coltivati.

La zona è caratterizzata dalla presenza di un recente insediamento abitativo e sovrasta la vallata dove vi sono numerose attività produttive, site comunque ad una distanza di circa 1 km e ad una quota inferiore di circa 200 m.

Il sito è circa 50 m a monte del punto dove era operativa fino a giugno 2013 la postazione della RQA, postazione che è stata temporaneamente dimessa per motivi di sicurezza.



	marca	modello	S/N	note
Deposimetro organici (*)	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in Pirex
Deposimetro inorganici (*)	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in plastica
Temperatura aria	LASTEM	-	-	
Velocità e direzione vento	LASTEM	-	-	su palo a 4 m
PM10 (*)	TECORA	-	-	

(*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

Postazione	FOSSAMAISTRA BYPASS - FS
Tipologia	industriale urbana
Coordinate-quota	44° 6'18.11"N - 9°51'26.07"E - 2 m slm
Parametri monitorati (*)	metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche
Parametri monitorati (**)	metalli – EC/OC – Presenza Carbone con SEM-PTS



Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è posto in corrispondenza del sistema di bypass di Viale San Bartolomeo della linea di movimentazione del carbone, a circa 15 m dal centro dell'incrocio tra via Privata Enel e Viale S. Bartolomeo in una zona caratterizzata da intenso traffico veicolare, soprattutto di mezzi pesanti.

In direzione N – NE, a circa 10 m, è presente un edificio alto poco meno di 10 m ed alcuni alberi ad alto fusto, questi ultimi comunque fuori dal cono di possibile influenza.

Nel raggio di circa 200 m si segnalano varie attività, le principali: movimentazione container e carbone (con attracco di navi mercantili) darsena con attività di cantieristica; la maggior parte dei terreni in questo raggio risultano asfaltati.

A circa 25 m direzione N è presente la postazione RQA di Fossamastra.

Si segnala che nelle campagne 2014-2015 il deposimetro di Fossamastra era posizionato a circa 6 metri di altezza sul tetto del fabbricato in cemento (a partire dal 2016 denominato **Fossamastra-ALTO**)

A partire dalle campagne del 2016 si è deciso, per uniformità con i deposimetri delle altre postazioni, di posizionare un ulteriore deposimetro a circa 2 m di altezza (denominato **Fossamastra-BASSO**) e di utilizzare, a partire dall'anno sopracitato, questo deposimetro per le valutazioni nell'ambito delle attività relative alle Prescrizioni 14 e 18.



	marca	modello	S/N	note
Deposimetro organici (*)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in Pirex
Deposimetro in-organici (*)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
Deposimetro in-organici (**)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
Campionatore PTS (**)	TECORA			
Conta-traffico (**)	-	-	-	su v.le S. Bartolomeo e su via Privata ENEL

(*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

Postazione	LE GRAZIE – LG
Tipologia	fondo suburbano
Coordinate-quota	44° 3'52.45"N - 9°50'25.54"E - 15 m slm
Parametri monitorati (*)	metalli – IPA – PCB <i>d</i>/ – Diossine – specie ioniche – PM10 – EC/OC - levoglucosano - meteo



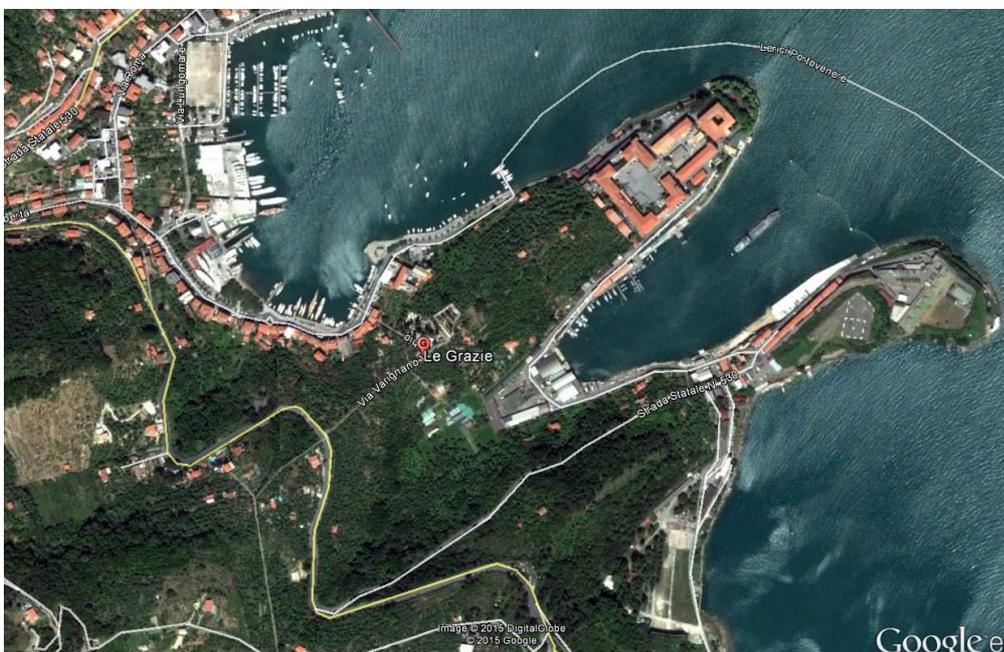
Note caratteristiche del sito

La strumentazione integrativa è stata collocata in adiacenza alla postazione della RQA.

Il punto di misura è all'interno di un sito gestito da ACAM Acque e dal punto di vista orografico è posto sul crinale che divide il seno di Le Grazie da quello del Varignano, in corrispondenza di un piccola sella.

La zona è caratterizzata ai bassi livelli da un regime anemologico prevalente da SW dovuto alle termiche che si instaurano nella valle tra Monte Castellana e Muzzerone.

La postazione è circondata da terreni prevalentemente coltivati ad ulivo ed è caratterizzata da scarsa presenza abitativa, con una modesta attività di cantieristica a N (a circa 300 m), e a SE (a circa 200 m), la presenza della base militare del Varignano.



	marca	modello	S/N	note
Deposimetro organici (*)	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in Pirex
Deposimetro inorganici (*)	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in plastica
Temperatura aria	LASTEM	-	-	
PM10 (*)	TECORA	-	-	
Umidità relativa	LASTEM	-	-	
Umidità relativa	LASTEM	-	-	
Radiazione solare globale/netta	LASTEM	-	-	
Precipitazione	LASTEM	-	-	
Pressione atmosferica	LASTEM	-	-	
Velocità e direzione vento	LASTEM	-	-	su palo a 10 m

(*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

Postazione	MARINA DEL CANALETTO – MM
Tipologia	industriale urbana
Coordinate-quota	44° 6'38.92"N - 9°51'0.07"E - 1 m slm
Parametri monitorati (*)	metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche



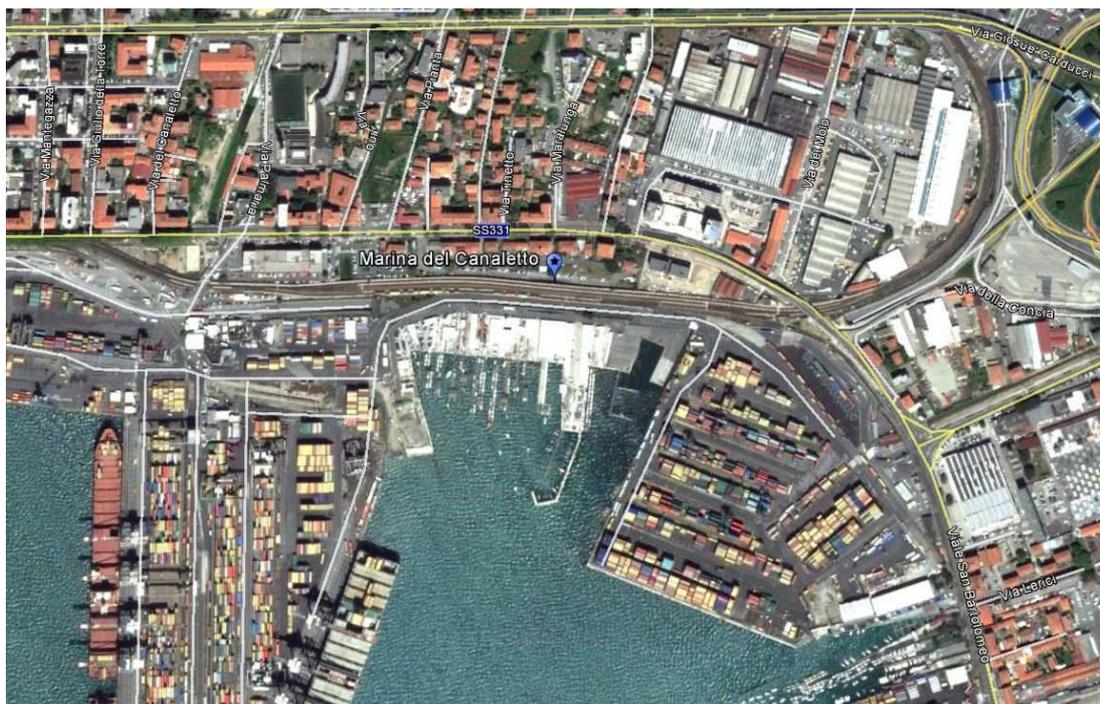
Note caratteristiche del sito

La strumentazione integrativa è stata collocata sul Laboratorio Mobile dell'Autorità Portuale gestito da ARPAL, posizionato nel parcheggio adiacente al tunnel di accesso alla Marina del Canaletto.

Il sito, caratterizzato da un regime anemologico che si sviluppa prevalentemente sull'asse N/S, presenta:

- a S il muro di delimitazione dell'area portuale, che separa l'area dalla ferrovia di servizio al porto, quindi a circa 30 m la strada di interconnessione portuale (sulla quale si registra un intenso traffico di mezzi pesanti, dell'ordine di 4000 mezzi al giorno), a circa 60 m una zona impegnata dalla nautica da diporto e quindi il mare,
- a N una serie di edifici al più di 3 piani che separano il parcheggio da viale San Bartolomeo, strada caratterizzata anch'essa da intenso traffico veicolare.
- a NE, a circa 200 m, è presente un insediamento produttivo rilevante.

Si segnala che ad una distanza di poco superiore ai 300 m, in direzione SE, vengono ormeggiate le navi porta-container.



	marca	modello	S/N	note
Deposimetro organici (*)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in Pirex
Deposimetro inorganici (*)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica

(*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

Postazione	PARCO DELLA MAGGIOLINA – MG
Tipologia	fondo urbano
Coordinate-quota	44° 6'57.32"N - 9°50'37.70"E - 6 m slm
Parametri monitorati (*)	metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche - meteo



Note caratteristiche del sito

La strumentazione integrativa è stata collocata in adiacenza alla postazione della RQA, all'interno dell'esistente recinzione.

La postazione è circondata da terreni erbosi adibiti nella zona W ad area attrezzata per sgambatura cani. Un filare di alberi ad alto fusto ad Est, comunque parzialmente interrotto proprio in corrispondenza della cabina, può agire da parziale elemento perturbante.

Si segnala già a meno di 50 m la presenza di una via abbastanza trafficata (via Prosperi), e a S, lungo la direzione dei venti prevalenti, a meno di 300 m, via Carducci (strada ad intenso flusso veicolare) e a poco più di 500 m l'area del porto commerciale.



	marca	modello	S/N	note
Deposimetro organici (*)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in Pirex
Deposimetro inorganici (*)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica

(*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

Postazione	MELARA – ME
Tipologia	fondo urbano
Coordinate-quota	44° 7'1.75"N - 9°52'38.03"E – 20 m slm
Parametri monitorati (*)	metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche



Note caratteristiche del sito

Il sito di misura si trova nel parcheggio della scuola comunale dell'infanzia Acchiappasogni, lungo le pendici della collina di Melara; presenta in direzione Sud (dunque lungo la direzione dei venti prevalenti) a circa 50 m l'Aurelia, a 150 m il raccordo autostradale e a poco più di 500 il camino della centrale, nonché il resto della zona industriale.

In direzione Nord a circa 150 m è presente la ferrovia Torino-Roma. Gli edifici circostanti sono al più di due piani e non rappresentano dunque un ostacolo significativo, rendendo pertanto il sito adeguatamente rappresentativo dell'intera zona.



	marca	modello	S/N	note
Deposimetro organici (*)	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in Pirex
Deposimetro inorganici (*)	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in plastica

(*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

Postazione	SAINT BON – SB
Tipologia	traffico urbana
Coordinate-quota	44° 6'36.64"N - 9°48'57.21"E - 15 m slm
Parametri monitorati (*)	metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche



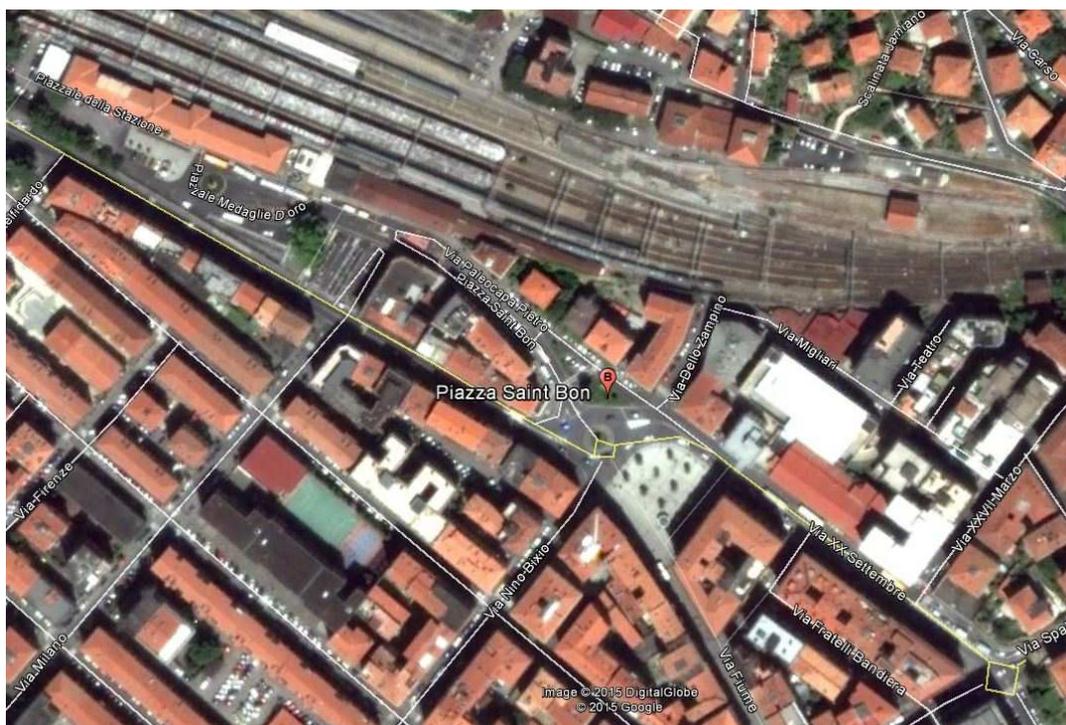
Note caratteristiche del sito

La strumentazione integrativa è stata collocata in adiacenza alla postazione della RQA, all'interno di una recinzione realizzata ad hoc.

La postazione è a circa 20 m dal centro della rotonda di piazza Saint Bon (caratterizzata da intenso traffico veicolare), in posizione lievemente rialzata rispetto alla rotonda stessa; lungo l'adiacente via Paleocapa ha luogo il transito di numerosi mezzi pubblici con motori spesso a piena potenza.

Si segnala la presenza a pochi metri di un albero ad alto fusto che potrebbe agire da lieve elemento perturbante nel campionamento con deposimetri.

A circa 100 m di distanza si trova la stazione FFSS della Spezia Centrale.



	marca	modello	S/N	note
Deposimetro organici (*)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in Pirex
Deposimetro inorganici (*)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica

(*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

APPENDICE 7

TABELLE DI SINTESI DEPOSIZIONE E COMPOSIZIONE 2014-2016

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



A.7.1. APPENDICE - Rateo delle polveri nelle deposizioni e precipitazione cumulata (2014 – 2016)

Postazione	Anno	Campagna	Rateo delle polveri [mg/m ² /d]	Precipitazione cumulata [mm]
Bolano	2014	P14 14/0	19	41
		P14 14/1	34	126
		P14 14/2	13	44
	2015	P14 15/1	26	207
		P14 15/2	24	80
		P14 15/3	23	1
		P14 15/4	40	244
		P14 16/1	41	179
	2016	P14 16/2	48	46
		P14 16/3	70	30
		P14 16/4	28	37
		P14 14/0	32	49
Follo	2014	P14 14/1	27	84
		P14 14/2	7	70
		P14 15/1	5	162
	2015	P14 15/2	26	63
		P14 15/3	10	0
		P14 15/4	47	258
		P14 16/1	21	142
	2016	P14 16/2	62	63
		P14 16/3	31	2
		P14 16/4	14	21
		P14 14/0	22	40
	Arcola	2014	P14 14/1	66
P14 14/2			13	19
P14 15/1			12	155
2015		P14 15/2	29	78
		P14 15/3	19	0
		P14 15/4	38	291
		P14 16/1	38	141
		P14 16/2	51	83
2016		P14 16/3	27	0
		P14 16/4	24	43
		P14 14/0	31	21
		P14 14/1	7	182
Le Grazie	2014	P14 14/2	18	8
		P14 15/1	12	154
		P14 15/2	22	80
	2015	P14 15/3	15	0
		P14 15/4	32	136
		P14 16/1	24	123
		P14 16/2	38	91
		P14 16/3	33	0
	2016	P14 16/4	22	2
		P14 14/0	22	28
		P14 14/1	29	125
		P14 14/2	15	30
Chiappa	2014	P14 15/1	11	170
		P14 15/2	17	98
		P14 15/3	17	0
	2015	P14 15/4	29	283
		P14 16/1	35	169
		P14 16/2	50	76
		P14 16/3	28	1
		P14 16/4	44	68
	2016	P14 14/0	24	22
		P14 14/1	77	148
		P14 14/2	27	16
		P14 15/1	22	188
Maggiolina	2015	P14 15/2	156	75
		P14 15/3	28	0
		P14 15/4	59	222
		P14 16/1	40	144
	2016	P14 16/2	58	87
		P14 16/3	35	0
		P14 16/4	31	71

Dipartimento Provinciale della Spezia

 Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
 Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

RINA
 BS OHSAS 18001
 Sistema Salute e Sicurezza sul Lavoro
 Certificato


Postazione	Anno	Campagna	Rateo delle polveri [mg/m ² /d]	Precipitazione cumulata [mm]
Saint Bon	2014	P14 14/0	39	25
		P14 14/1	15	146
		P14 14/2	29	20
	2015	P14 15/1	62	203
		P14 15/2	67	106
		P14 15/3	62	0
		P14 15/4	59	241
		P14 16/1	54	156
	2016	P14 16/2	70	83
		P14 16/3	46	0
		P14 16/4	48	48
	Fossamastra	2014	P14 14/0	137*
P14 14/1			195*	140
P14 14/2			54*	9
2015		P14 15/1	171*	155
		P14 15/2	174*	78
		P14 15/3	135*	0
		P14 15/4	137*	211
		P14 16/1	200	136
2016		P14 16/2	151	77
		P14 16/3	143	0
		P14 16/4	122	45
Melara		2015	P14 15/3	18
	P14 15/4		32	263
	2016	P14 16/1	33	127
		P14 16/2	52	74
		P14 16/3	28	0
		P14 16/4	57	112

(*Valore moltiplicato per due per attualizzazione)

A.7.2. APPENDICE - Rateo dei metalli nelle deposizioni (2014 – 2016)

I ratei con un asterisco indicano che il calcolo è stato effettuato utilizzando metà del limite di quantificazione.

Rateo dei metalli nelle deposizioni – Valori in µg/m ² /d												
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano	2014	P14 14/0	0,15	0,02*	0,008	0,012*	1,91	1,11	2,56	2,34	14,80	1,33
		P14 14/1	0,13	0,03	0,019	0,010*	7,77	1,61	2,15	3,14	9,46	1,47
		P14 14/2	0,08	0,02	0,014	0,004*	2,43	0,70	0,78	1,86	3,43	0,83
	2015	P14 15/1	0,13	0,01	0,008	0,005*	3,88	2,25	2,44	3,84	11,55	1,85
		P14 15/2	0,10	0,01	0,012	0,004*	0,73	1,32	1,18	2,30	7,44	1,33
		P14 15/3	0,09	0,01	0,041	0,005*	6,73	1,14	0,82	2,58	11,44	1,19
		P14 15/4	0,22	0,05	0,029	0,004*	0,07*	0,01*	2,86	3,65	13,50	1,97
	2016	P14 16/1	0,23	0,13	0,004*	0,004*	8,14	7,43	3,07	3,19	27,43	3,22
		P14 16/2	0,16	0,02	0,008	0,005*	3,19	1,82	1,63	3,25	21,97	2,37
		P14 16/3	0,14	0,02	0,113	0,005*	11,09	8,68	1,77	4,57	46,28	3,56
		P14 16/4	0,09	0,01	0,004*	0,004*	2,82	1,16	1,53	3,34	17,53	1,59
		Follo	2014	P14 14/0	0,15	0,02*	0,006	0,012*	10,41	3,80	2,38	3,79
P14 14/1	0,17			0,02	0,008	0,008	12,52	1,62	2,50	2,44	11,16	1,87
P14 14/2	0,06			0,02*	0,006	0,004*	4,04	0,58	0,60	0,94	2,69	0,77
2015	P14 15/1		0,02	0,01*	0,005	0,005*	1,00	0,41	0,78	0,02*	2,03	0,46
	P14 15/2		0,12	0,01	0,017	0,008*	4,49	2,62	1,82	3,45	11,50	2,14
	P14 15/3		0,05	0,01*	0,012	0,004*	2,94	0,73	2,23	0,97	4,97	0,85
	P14 15/4		0,28	0,06	0,004*	0,010	0,69	0,01*	3,94	5,18	23,23	3,31
2016	P14 16/1		0,17	0,01	0,017	0,004*	4,17	4,82	2,18	2,43	15,13	2,09
	P14 16/2		0,26	0,03	0,010	0,005*	5,69	3,02	3,40	11,95	31,73	3,78
	P14 16/3		0,16	0,01	0,028	0,008	9,81	3,51	1,16	3,39	32,22	2,92
	P14 16/4		0,06	0,01	0,004*	0,004*	3,73	1,44	0,68	1,61	10,95	1,23
	Arcola		2014	P14 14/0	0,23	0,02*	0,006	0,012*	2,93	1,35	31,70	3,60
P14 14/1		0,30		0,08	0,028	0,108	11,73	2,93	64,72	5,61	19,61	3,29
P14 14/2		0,09		0,02	0,009	0,018	3,25	0,96	31,04	2,64	3,29	0,82
2015		P14 15/1	0,08	0,01	0,008	0,007	2,36	0,80	10,66	1,77	5,98	0,95
		P14 15/2	0,21	0,02	0,034	0,040	8,17	1,72	17,14	4,65	9,42	1,27
		P14 15/3	0,11	0,02	0,038	0,015	4,08	1,43	24,50	3,69	8,05	1,11
		P14 15/4	0,30	0,04	0,020	0,031	0,07*	0,01*	65,18	7,10	16,18	2,92
2016		P14 16/1	0,25	0,02	0,010	0,020	5,52	2,97	17,06	5,24	22,92	2,67
		P14 16/2	0,23	0,03	0,007	0,071	4,27	2,35	43,28	6,26	23,11	2,90
		P14 16/3	0,13	0,02	0,039	0,006	4,21	2,12	2,12	4,71	16,03	1,73
		P14 16/4	0,18	0,02	0,056	0,036	6,57	2,45	17,89	5,04	13,52	1,63
		Le Grazie	2014	P14 14/0	0,11	0,02*	0,011	0,012*	6,70	2,09	3,77	6,03
P14 14/1	0,05			0,02	0,014	0,005*	3,09	0,67	0,78	1,02	2,93	0,48
P14 14/2	0,12			0,02	0,009	0,004*	6,70	1,34	1,87	2,81	8,63	1,23
2015	P14 15/1		0,08	0,01	0,008	0,005*	0,53	1,74	2,64	3,26	3,08	0,90
	P14 15/2		0,09	0,01	0,014	0,004*	0,86	1,29	1,72	3,20	4,21	0,83
	P14 15/3		0,07	0,01	0,036	0,005*	2,62	0,64	1,02	2,16	4,44	0,81
	P14 15/4		0,13	0,04	0,005	0,004*	0,07*	0,01*	3,19	4,00	12,82	1,48
2016	P14 16/1		0,20	0,01	0,013	0,004*	3,07	1,59	2,76	4,88	12,13	2,00
	P14 16/2		0,20	0,03	0,011	0,008	3,39	2,52	2,83	5,59	16,48	2,37
	P14 16/3		0,20	0,01	0,035	0,007	5,99	2,27	2,87	4,33	21,64	1,89
	P14 16/4		0,15	0,02	0,037	0,010	7,47	2,22	3,97	4,96	17,46	1,65
	Chiappa		2014	P14 14/0	0,13	0,03*	0,005	0,015*	1,41	0,77	1,79	2,29
P14 14/1		0,16		0,02	0,012	0,023	11,15	1,59	2,55	4,05	10,90	1,80
P14 14/2		0,11		0,02	0,015	0,008	3,88	1,18	1,42	2,68	4,32	0,91
2015		P14 15/1	0,08	0,01	0,008	0,005*	2,14	0,92	2,04	1,81	3,86	1,08
		P14 15/2	0,09	0,01	0,019	0,004*	0,14	0,84	1,47	2,73	3,69	0,99
		P14 15/3	0,09	0,01	0,024	0,005*	3,15	0,64	0,86	2,21	4,85	1,03
		P14 15/4	0,21	0,03	0,004*	0,005	0,07*	3,86	3,61	4,93	9,62	1,73
2016		P14 16/1	0,22	0,04	0,037	0,004*	3,72	10,84	3,01	3,52	18,11	2,57
		P14 16/2	0,25	0,02	0,011	0,005	3,30	2,52	2,76	6,65	26,32	2,94
		P14 16/3	0,15	0,02	0,044	0,010	5,50	3,30	1,37	4,60	19,40	2,05
		P14 16/4	0,06	0,19	0,004*	0,004*	3,88	0,46	1,51	4,01	14,75	1,41

Rateo dei metalli nelle deposizioni – Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$												
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Maggiolina	2014	P14 14/0	0,11	0,06	0,012	0,030	11,02	2,79	6,85	8,11	23,36	2,87
		P14 14/1	0,32	0,04	0,026	0,045	25,88	3,24	3,74	6,18	21,90	3,17
		P14 14/2	0,11	0,02	0,008	0,014	13,31	1,53	1,70	3,48	7,20	1,58
	2015	P14 15/1	0,13	0,01	0,014	0,005*	9,77	2,11	3,04	4,61	9,08	2,33
		P14 15/2	0,64	0,05	0,037	0,031	7,21	5,89	4,68	13,82	45,12	6,19
		P14 15/3	0,16	0,01	0,004	0,005*	5,26	1,75	2,52	8,79	10,68	2,11
		P14 15/4	0,35	0,06	0,040	0,008	0,29	0,01*	4,65	11,26	25,22	4,49
	2016	P14 16/1	0,28	0,02	0,012	0,011	4,77	3,71	5,65	8,43	24,32	3,54
		P14 16/2	0,35	0,02	0,010	0,005*	19,54	3,44	6,10	10,78	33,81	4,30
		P14 16/3	0,16	0,02	0,036	0,006	13,86	3,46	1,84	7,08	20,68	3,36
		P14 16/4	0,17	0,01	0,027	0,014	10,11	2,45	8,21	7,77	12,85	2,65
		P14 16/0	0,18	0,03*	0,009	0,015*	20,03	7,36	5,99	21,32	23,03	2,40
Saint Bon	2014	P14 14/1	0,10	0,02	0,012	0,005*	8,25	1,73	2,34	8,39	9,05	1,44
		P14 14/2	0,14	0,05	0,008	0,004*	8,50	2,45	3,09	12,49	14,09	1,68
		P14 15/1	0,28	0,05	0,024	0,005*	14,87	6,03	6,72	20,21	33,05	4,12
	2015	P14 15/2	0,32	0,03	0,033	0,004*	9,00	7,14	4,72	18,64	32,57	4,34
		P14 15/3	0,18	0,02	0,082	0,005*	8,17	2,97	3,53	14,17	14,81	2,10
		P14 15/4	0,21	0,11	0,071	0,004*	1,32	0,01*	8,22	22,67	28,03	3,00
		P14 16/1	0,35	0,02	0,007	0,015	12,67	8,03	7,00	22,83	43,21	4,41
	2016	P14 16/2	0,35	0,03	0,015	0,005*	12,43	4,79	5,86	32,98	42,65	4,29
		P14 16/3	0,22	0,04	0,029	0,012	14,58	4,35	4,36	20,55	29,39	2,85
		P14 16/4	0,24	0,02	0,076	0,014	17,61	5,22	8,40	25,89	36,64	2,82
		P14 14/0 (*)	0,97	0,05*	0,018	0,024*	52,30	26,87	38,89	73,26	83,39	14,30
		P14 14/1 (*)	0,83	0,11	0,039	0,075	45,62	15,20	21,57	49,72	82,56	13,13
Fossamastra	2014	P14 14/2 (*)	0,31	0,12	0,009	0,009*	16,08	5,29	7,19	19,43	23,37	4,00
		P14 15/1 (*)	0,87	0,06	0,060	0,024	41,63	21,76	20,53	49,08	78,24	15,29
		P14 15/2 (*)	0,89	0,10	0,159	0,010	27,37	18,67	21,40	41,09	78,22	12,10
	2015	P14 15/3 (*)	0,80	0,11	0,021	0,010*	28,71	15,32	23,24	97,66	55,56	9,54
		P14 15/4 (*)	1,07	0,18	0,051	0,044	16,76	8,82	20,48	77,84	106,62	13,89
		P14 16/1 (#)	1,15	0,07	0,027	0,037	25,77	22,20	12,81	50,74	163,04	10,07
		P14 16/2 (#)	0,82	0,10	0,029	0,028	18,36	13,54	13,28	56,01	105,59	7,91
	2016	P14 16/3 (#)	0,56	0,08	0,059	0,020	31,75	13,04	8,52	47,49	87,96	6,25
		P14 16/4 (#)	0,56	0,05	0,159	0,018	45,00	14,33	7,71	42,06	89,56	6,51
		P14 15/3	0,18	0,01	0,015	0,005*	5,25	1,58	1,45	6,08	9,30	1,47
Melara	2015	P14 15/4	0,42	0,02	0,015	0,019	17,67	1,71	3,92	10,81	27,05	3,97
		P14 16/1	0,35	0,06	0,010	0,009	4,24	3,63	6,70	10,10	33,21	2,97
	2016	P14 16/2	0,30	0,06	0,016	0,008	15,28	3,37	5,48	16,72	27,23	2,98
		P14 16/3	0,23	0,02	0,036	0,007	14,29	2,30	2,35	10,68	18,50	1,98
		P14 16/4	0,32	0,04	0,004*	0,037	22,53	3,53	24,81	23,65	28,21	4,02

Note:

- ND: dato non disponibile
- (*): Valore moltiplicato per due per attualizzazione
- (#): Valori del deposimetro Fossamastra - Basso

A.7.3. APPENDICE – Concentrazione dei metalli nelle polveri depositate (2014 – 2016)

Le concentrazioni con un asterisco indicano che il calcolo è stato effettuato utilizzando metà del limite di quantificazione.

Concentrazione dei metalli nelle deposizioni – Valori in µg/g												
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano	2014	P14 14/0	7,7	1,28*	0,41	0,64*	101	59	136	124	785	70
		P14 14/1	3,9	0,95	0,56	0,28*	226	47	62	91	275	43
		P14 14/2	6,2	0,37	1,03	0,32*	184	53	59	141	259	63
	2015	P14 15/1	5,2	0,35	0,33	0,19*	154	90	97	153	460	74
		P14 15/2	4,2	0,50	0,52	0,19*	31	56	50	98	316	57
		P14 15/3	3,7	0,45	1,75	0,21*	290	49	35	111	493	51
		P14 15/4	5,4	1,35	0,72	0,09*	1,8*	0,3*	71	91	337	49
		P14 16/1	5,7	3,12	0,11*	0,11*	201	183	76	79	676	79
	2016	P14 16/2	3,4	0,46	0,17	0,11*	67	38	34	68	461	50
		P14 16/3	2,0	0,30	1,61	0,07*	157	123	25	65	657	50
		P14 16/4	3,1	0,43	0,14*	0,14*	99	41	54	117	615	56
		P14 14/0	4,7	0,76*	0,20	0,38*	326	119	75	119	527	72
Follo	2014	P14 14/1	6,3	0,91	0,28	0,29	458	59	91	89	408	68
		P14 14/2	8,5	2,58*	0,90	0,64*	613	88	91	142	407	117
		P14 15/1	5,0	1,00*	1,00	1,00*	215	89	168	5*	436	98
	2015	P14 15/2	4,8	0,48	0,65	0,30*	175	102	71	135	450	84
		P14 15/3	4,6	0,41*	1,16	0,41*	285	71	217	94	483	83
		P14 15/4	5,8	1,22	0,08*	0,21	15	0,2*	83	109	489	70
		P14 16/1	8,0	0,37	0,78	0,21*	196	226	102	114	709	98
		P14 16/2	4,1	0,48	0,17	0,08*	92	49	55	193	513	61
	2016	P14 16/3	5,2	0,40	0,88	0,24	314	112	37	108	1031	94
		P14 16/4	4,2	0,56	0,29*	0,29*	262	101	48	113	768	86
		P14 14/0	10,4	1,11*	0,29	0,56*	135	62	1465	166	349	32
		P14 14/1	4,5	1,24	0,43	1,65	179	45	986	85	299	50
Arcola	2014	P14 14/2	6,9	1,31	0,64	1,33	246	73	2342	199	248	62
		P14 15/1	7,0	0,65	0,69	0,56	197	67	889	147	499	79
		P14 15/2	7,1	0,79	1,16	1,36	277	58	581	158	320	43
	2015	P14 15/3	5,5	0,97	1,99	0,78	214	75	1287	194	422	58
		P14 15/4	7,7	1,04	0,53	0,82	1,9*	0,3*	1709	186	424	76
		P14 16/1	6,5	0,62	0,25	0,54	145	78	450	138	604	70
		P14 16/2	4,6	0,51	0,14	1,39	83	46	845	122	451	57
		P14 16/3	4,8	0,66	1,42	0,21	154	78	78	173	588	63
	2016	P14 16/4	7,5	0,64	2,33	1,51	272	102	742	209	561	68
		P14 14/0	3,5	0,79*	0,34	0,39*	217	68	122	195	395	56
		P14 14/1	7,1	1,61	2,12	0,71*	452	98	114	150	429	70
		P14 14/2	6,8	0,90	0,48	0,24*	380	76	106	159	490	70
Le Grazie	2014	P14 15/1	6,9	0,65	0,75	0,42*	48	156	237	292	276	80
		P14 15/2	4,0	0,57	0,64	0,20*	39	59	79	146	192	38
		P14 15/3	4,5	0,57	2,42	0,32*	174	43	68	144	295	54
	2015	P14 15/4	4,1	1,16	0,14	0,11*	2,2*	0,3*	98	123	395	46
		P14 16/1	8,1	0,49	0,54	0,18*	127	66	114	202	501	83
		P14 16/2	5,4	0,74	0,31	0,20	90	67	75	149	439	63
		P14 16/3	6,0	0,37	1,06	0,23	183	69	88	132	661	58
		P14 16/4	6,7	0,92	1,68	0,45	340	101	181	226	794	75
	2016	P14 14/0	6,2	1,35*	0,24	0,68*	65	35	83	106	363	41
		P14 14/1	5,6	0,42	0,44	0,82	391	56	90	142	382	63
		P14 14/2	6,8	0,79	0,99	0,54	251	76	92	173	280	59
		P14 15/1	7,1	0,46	0,75	0,42*	192	82	183	162	346	97
Chiappa	2014	P14 15/2	5,5	0,36	1,11	0,25*	8	48	85	157	213	57
		P14 15/3	5,4	0,44	1,46	0,29*	190	38	52	133	293	62
		P14 15/4	7,2	0,86	0,12*	0,18	2,5*	133	124	169	330	59
	2015	P14 16/1	6,2	1,00	1,07	0,12*	106	310	86	101	517	73
		P14 16/2	5,0	0,44	0,23	0,11	65	50	55	132	522	58
		P14 16/3	5,4	0,55	1,59	0,35	199	119	50	167	702	74
		P14 16/4	1,3	4,28	0,09*	0,09*	89	10	35	92	338	32

Concentrazione dei metalli nelle deposizioni – Valori in µg/g												
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Maggiolina	2014	P14 14/0	4,9	2,53	0,50	1,27	468	118	291	344	993	122
		P14 14/1	4,2	0,56	0,34	0,58	337	42	49	80	285	41
		P14 14/2	4,1	0,82	0,28	0,52	493	57	63	129	266	59
	2015	P14 15/1	6,1	0,58	0,65	0,22*	461	100	143	217	428	110
		P14 15/2	4,1	0,31	0,24	0,20	46	38	30	88	288	40
		P14 15/3	5,8	0,45	0,14	0,17*	190	63	91	319	387	76
		P14 15/4	6,0	0,96	0,68	0,14	5	0,2*	79	192	431	77
		P14 16/1	7,0	0,38	0,30	0,28	119	92	141	210	604	88
		P14 16/2	6,0	0,41	0,18	0,09*	336	59	105	186	582	74
	2016	P14 16/3	4,5	0,62	1,01	0,17	392	98	52	200	585	95
		P14 16/4	5,5	0,38	0,87	0,44	327	79	265	251	416	86
	Saint Bon	2014	P14 14/0	4,7	0,75*	0,22	0,37*	510	188	153	543	587
P14 14/1			6,9	1,37	0,77	0,32*	551	116	156	560	604	96
P14 14/2			4,8	1,74	0,27	0,15*	297	86	108	436	491	58
2015		P14 15/1	4,5	0,78	0,39	0,07*	239	97	108	325	531	66
		P14 15/2	4,8	0,49	0,49	0,07*	133	106	70	276	483	64
		P14 15/3	2,9	0,32	1,32	0,08*	131	48	57	228	238	34
		P14 15/4	3,5	1,79	1,20	0,06*	22	0,2*	139	383	474	51
		P14 16/1	6,5	0,43	0,13	0,27	234	148	129	422	798	82
2016		P14 16/2	5,0	0,42	0,21	0,07*	178	69	84	472	611	61
		P14 16/3	4,8	0,80	0,62	0,25	316	94	94	445	637	62
		P14 16/4	5,1	0,51	1,59	0,29	368	109	175	540	765	59
		P14 14/0	7,1	0,36*	0,13	0,18*	382	196	284	535	609	104
Fossamastra	2014	P14 14/1	4,3	0,56	0,20	0,39	234	78	111	255	424	67
		P14 14/2	5,8	2,25	0,16	0,16*	300	99	134	362	436	74
		P14 15/1	5,1	0,36	0,35	0,14	243	127	120	287	457	89
	2015	P14 15/2	5,1	0,59	0,91	0,06	157	107	123	236	450	70
		P14 15/3	5,9	0,78	0,16	0,07*	212	113	172	722	411	71
		P14 15/4	7,2	1,23	0,35	0,30	113	60	138	526	720	94
		P14 16/1	5,7	0,33	0,14	0,18	129	111	64	253	813	50
	2016	P14 16/2	5,4	0,63	0,19	0,19	121	89	88	370	697	52
		P14 16/3	3,9	0,55	0,42	0,14	223	91	60	333	617	44
		P14 16/4	4,5	0,43	1,30	0,15	368	117	63	344	731	53
		P14 15/3	9,9	0,75	0,84	0,26*	286	86	79	331	505	80
		P14 15/4	13,2	0,69	0,46	0,59	557	54	124	341	853	125
Melara	2015	P14 16/1	10,5	1,85	0,29	0,28	129	110	204	307	1008	90
		P14 16/2	5,8	1,14	0,32	0,16	296	65	106	324	528	58
	2016	P14 16/3	8,2	0,71	1,29	0,26	508	82	83	379	657	71
		P14 16/4	5,6	0,65	0,07*	0,64	397	62	437	416	497	71

A.7.4. APPENDICE – Ratei di deposizione degli IPA (2014 – 2016)

Rateo degli IPA nelle deposizioni – Valori in ng/m ² /d																						
Postazione	Anno	Campagna	Fen	Ant	Flu	Pir	BaA	Cri	BbF	BjF	BkF	BeP	BaP	IP	DBahAn	BghIP	DBaIP	DBaeP	DBaIP	DBahP	Cor	
			Data for Bolano																			
Bolano	2014	P14 14/0	4,6	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	9,1	6,9	6,9	9,1	9,1	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	
		P14 14/1	12,6	<1,8	6,3	4,5	<1,8	<1,8	9,9	7,2	8,1	12,6	17,1	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
		P14 14/2	<5,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	7,2	5,6	5,6	<6,4	8,7	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6
	2015	P14 15/1	118	14	540	367	178	104	188	77	90	127	122	92	22	105	4	9	<1,7	3	<1,7	
		P14 15/2	8	<1,6	5	3	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	2	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	
		P14 15/3	6	5	5	5	3	4	9	3	3	4	5	4	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	10	
	2016	P14 15/4	9	5	9	11	3	7	9	2	4	5	3	4	2	4	7	4	<1,4	<1,4	8	
		P14 16/1	16	2	43	35	11	42	25	14	12	25	15	14	<2	15	5	2	<2	2	<6	
		P14 16/2	34	9	51	37	12	36	15	<2	<3	12	15	5	<2	21	<2	<2	<2	<2	<2	
	Follo	2014	P14 14/0	4,6	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	9,1	5,7	6,9	12,6	9,1	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3
			P14 14/1	6,2	<2,1	1,0	<2,1	<2,1	<2,1	8,3	6,2	5,2	9,3	8,3	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1
			P14 14/2	<4,0	<1,6	<2,4	<2,4	<1,6	<3,2	9,6	6,4	6,4	<8,0	8,0	<1,6	<1,6	<4,0	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6
2015		P14 15/1	21	<1,7	31	17	9	14	38	7	14	20	11	17	<1,7	30	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	
		P14 15/2	6	<2,9	3	3	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	3	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	
		P14 15/3	10	5	9	10	4	7	8	<1,6	2	2	3	<1,6	4	<1,6	5	4	8	10		
2016		P14 15/4	12	4	12	11	6	14	15	4	6	11	8	8	2	9	<1,4	4	<1,4	7	9	
		P14 16/1	110	11	91	67	25	54	45	16	18	43	39	18	2	25	5	<2	<2	<2	7	
		P14 16/2	83	16	35	21	5	27	22	<2	4	47	24	9	2	13	<2	<2	<2	<2	7	
Arcola		2014	P14 14/0	5,7	<2,3	4,6	3,4	<2,3	<2,3	10,3	6,9	6,9	12,6	10,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3
			P14 14/1	11,7	<1,8	4,5	2,7	<1,8	<1,8	12,6	7,2	7,2	13,5	9,9	3,6	<1,8	4,5	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
			P14 14/2	<7,2	<1,6	<3,2	<3,2	<1,6	<1,6	6,4	6,4	5,6	<5,6	8,8	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6
	2015	P14 15/1	96	4	58	19	<1,7	3	5	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7		
		P14 15/2	5	<1,6	4	3	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	7	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	
		P14 15/3	11	5	9	10	5	13	15	5	7	12	10	8	3	8	10	<1,8	<1,8	<1,8	12	
	2016	P14 15/4	15	5	11	24	3	12	11	3	5	9	7	6	1	7	<1,3	4	<1,3	7	9	
		P14 16/1	25	5	30	24	8	30	16	7	5	24	25	7	<2	8	<2	<2	<2	<2	<2	
		P14 16/2	127	32	107	96	24	79	58	<2	15	76	44	30	3	62	6	<2	<2	<2	19	
	Le Grazie	2014	P14 14/0	11,4	<2,3	16,0	11,4	<2,3	8,0	11,4	6,9	8,0	22,8	12,6	<2,3	<2,3	4,6	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	18,3
			P14 14/1	9,9	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	9,9	6,3	7,2	9,9	9,9	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
			P14 14/2	<3,2	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	6,4	4,8	4,8	<4,8	7,2	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6
2015		P14 15/1	68	3	47	16	<1,7	8	20	<1,7	4	5	<1,7	11	<1,7	12	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	
		P14 15/2	9	<1,6	4	2	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	3	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	
		P14 15/3	11	5	8	7	3	5	9	<1,8	3	13	14	5	<1,8	3	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	11	
2016		P14 15/4	13	4	13	15	5	12	11	3	7	11	9	6	1	7	<1,4	4	<1,4	7	9	
		P14 16/1	20	6	30	28	9	37	24	14	15	30	22	14	<2	19	5	<2	<2	<2	7	
		P14 16/2	81	20	42	52	8	46	29	<2	7	28	9	10	<2	16	<2	<2	<2	<2	3	
Chiappa		2014	P14 14/0	34,3	4,6	22,8	34,3	5,7	29,7	16,0	9,1	8,0	22,8	12,6	4,6	<2,3	22,8	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	25,1
			P14 14/1	13,5	<1,8	9,0	4,5	<1,8	<1,8	10,8	7,2	7,2	11,7	11,7	1,8	<1,8	2,7	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
			P14 14/2	4,8	<1,6	7,2	6,4	<1,6	12,7	13,5	11,1	11,9	12,7	14,3	6,4	<1,6	9,5	12,7	<1,6	<1,6	<1,6	13,5
	2015	P14 15/1	7	<1,6	6	3	<1,6	2	<1,6	<1,6	<1,6	8	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	
		P14 15/2	7	9	7	10	<1,8	3	9	5	3	4	3	4	<1,8	3	<1,8	5	<1,8	9	10	
		P14 15/3	11	5	12	12	3	3	10	2	4	7	10	5	1	5	7,5	4	3	7	10	
	2016	P14 15/4	61	5	31	13	<1,7	3	7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	
		P14 16/1	18	2	29	26	7	32	21	11	8	29	24	13	<2	16	<2	<2	<2	<2	7	
		P14 16/2	79	27	35	25	10	31	20	3	6	28	19	10	<2	14	<2	<2	<2	<2	4	
	Maggiolina	2014	P14 14/0	3,4	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	8,0	5,7	6,9	9,1	9,1	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3
			P14 14/1	16,2	0,9	9,9	9,9	1,8	13,5	19,8	9,9	10,8	17,1	13,5	9,9	<1,8	14,4	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
			P14 14/2	9,5	<1,6	6,4	8,8	<1,6	2,4	8,0	5,6	5,6	8,0	10,3	<1,6	<1,6	8,0	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	15,1
2015		P14 15/1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
		P14 15/2	15	<1,6	9	5	<1,6	<1,6	3	<1,6	<1,6	4	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	
		P14 15/3	12	8	21	46	20	22	47	23	22	52	42	39	13	59	17	5	5	10	22	

Rateo degli IPA nelle deposizioni – Valori in ng/m²/d

Postazione	Anno	Campagna	Fen	Ant	Flu	Pir	BaA	Cri	BbF	BjF	BkF	BaP	BaP	IP	DBahAn	BghiP	DBaIP	DBaeP	DBaIP	DBahP	Cor	
Saint Bon	2016	P14 15/4	21	9	26	27	9	17	21	7	9	19	15	17	3	27	7	4	<1,3	7	18	
		P14 16/1	19	5	37	34	10	45	30	11	10	32	11	13	<2	24	5	<2	<2	<2	10	
		P14 16/2	198	16	51	38	8	32	21	2	2	25	16	8	<2	18	<2	<2	<2	<2	5	
		P14 16/3	5	<2	8	11	<2	3	5	2	<2	7	<2	3	<2	9	<2	<2	<2	<2	5	
		P14 16/4	24	2	11	11	<2	5	8	<2	2	4	5	3	<2	9	<2	<2	<2	<2	2	
Saint Bon	2014	P14 14/0	21,7	2,3	16,0	22,8	<2,3	17,1	13,7	8,0	8,0	18,3	12,6	3,4	<2,3	14,8	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	22,8	
		P14 14/1	28,8	<1,8	16,2	10,8	2,7	6,3	15,3	8,1	9,0	15,3	13,5	8,1	<1,8	9,0	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	
		P14 14/2	5,6	<1,6	5,6	7,2	<1,6	<1,6	8,0	4,8	5,6	8,0	14,3	1,6	<1,6	3,2	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	13,5	
	2015	P14 15/1	107	8	128	102	7	32	42	16	12	29	8	20	<1,7	43	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	5	
		P14 15/2	28	<1,6	36	30	<1,6	2	19	<1,6	<1,6	12	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	
		P14 15/3	17	8	25	33	8	19	19	7	9	16	13	12	5	21	11	6	5	10	20	
	2016	P14 15/4	12	4	11	11	3	7	10	2	4	7	5	6	1	7	7	4	3	7	11	
		P14 16/1	25	6	59	65	24	80	74	32	28	65	33	32	6	59	9	<2	<2	<2	21	
		P14 16/2	42	15	56	58	11	41	17	<2	6	45	31	9	<2	12	<2	<2	<2	<2	3	
	Fossamastra	2014	P14 16/3	6	<2	13	18	<2	3	5	<2	<2	5	<2	3	<2	13	<2	<2	<2	<2	4
			P14 16/4	27	3	33	36	8	24	26	8	12	15	20	14	2	32	<2	<2	<2	<2	7
			P14 14/0	18,3	2,3	20,5	41,1	4,6	20,5	14,8	9,1	8,0	20,5	12,6	6,8	<2,3	41,1	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	36,5
2015		P14 14/1	10,8	6,3	5,4	6,3	<1,8	6,3	8,1	5,4	6,3	9,9	13,5	<1,8	<1,8	2,7	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	
		P14 14/2	34,2	4,8	25,5	40,6	8,0	10,3	17,5	8,7	n.d.	24,7	19,9	7,2	<1,6	30,2	13,5	<1,6	<1,6	<1,6	21,5	
		P14 15/1	195	23	291	298	33	78	71	17	20	95	39	32	<1,7	109	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	30	
2016		P14 15/2	97	86	111	168	38	59	45	19	17	22	36	29	<1,7	135	<1,7	<1,7	<1,7	<1,7	72	
		P14 15/3	46	12	44	74	15	41	22	6	7	31	19	14	4	63	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	38	
		P14 15/4	63	14	72	103	21	47	34	14	17	47	29	22	5	70	<1,4	4	4	<1,4	35	
		P14 16/1	392	54	499	924	101	365	211	108	55	368	141	91	18	491	32	<2	<2	<2	169	
Melara	2015	P14 16/2	332	43	396	692	62	245	142	2	39	296	125	75	15	470	18	<2	<2	<2	118	
		P14 16/3	23	3	52	85	5	23	14	5	4	22	9	7	<2	40	<2	<2	<2	<2	14	
	2016	P14 16/4	118	15	178	295	36	106	65	25	22	103	65	33	5	192	<2	<2	<2	<2	52	
		P14 15/3	10	6	10	14	8	17	19	7	8	17	13	13	5	21	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	15	
Melara	2016	P14 15/4	8	7	8	8	4	7	10	2	4	5	5	5	2	7	<1,3	4	2	7	9	
		P14 16/1	21	2	33	29	9	38	23	12	8	18	7	12	<2	24	<2	<2	<2	<2	15	
		P14 16/2	104	18	69	59	12	44	28	<2	8	39	24	15	<2	36	<2	<2	<2	<2	16	
		P14 16/3	6	2	9	13	2	4	3	2	2	6	2	2	2	8	<2	<2	<2	<2	3	
P14 16/4	23	2	21	21	<2	5	16	4	6	15	12	8	<2	20	<2	<2	<2	<2	9			

A.7.5. Ratei di deposizione degli IPA totali, della Norma UNI e del B(a)P (2014 – 2016)

Postazione	Anno	Campagna	Rateo degli IPA Totali [ng/m ² /d]	Rateo degli IPA Norma UNI [ng/m ² /d]	Rateo del B(a)P [ng/m ² /d]	
Bolano	2014	P14 14/0	61	35	9,1	
		P14 14/1	88	45	17,1	
		P14 14/2	43	29	8,7	
	2015	P14 15/1	2163	768	121,8	
		P14 15/2	31	6	0,8	
		P14 15/3	69	26	4,5	
		P14 15/4	99	28	3,4	
		P14 16/1	281	91	15	
		P14 16/2	253	49	15	
	2016	P14 16/3	49	12	0,9	
		P14 16/4	58	15	5,4	
		P14 14/0	63	34	9,1	
Follo	2014	P14 14/1	57	31	8,3	
		P14 14/2	49	33	8	
		P14 15/1	236	97	11,3	
	2015	P14 15/2	36	10	1,4	
		P14 15/3	96	22	2,4	
		P14 15/4	147	49	8,1	
		P14 16/1	580	164	39	
	2016	P14 16/2	319	67	24	
		P14 16/3	19	6	0,9	
		P14 16/4	78	22	3,9	
	Arcola	2014	P14 14/0	73	38	10,3
			P14 14/1	86	42	9,9
P14 14/2			45	29	8,8	
2015		P14 15/1	196	10	0,9	
		P14 15/2	31	6	0,8	
		P14 15/3	147	54	10	
		P14 15/4	143	38	7,4	
2016		P14 16/1	221	70	25	
		P14 16/2	781	175	44	
		P14 16/3	43	8	0,9	
		P14 16/4	279	129	22	
		P14 14/0	140	42	12,6	
Le Grazie	2014	P14 14/1	65	36	9,9	
		P14 14/2	37	25	7,2	
		P14 15/1	132	12	0,9	
	2015	P14 15/2	37	6	0,8	
		P14 15/3	93	25	2,7	
		P14 15/4	187	34	9,5	
		P14 16/1	282	98	22	
	2016	P14 16/2	356	64	8,8	
		P14 16/3	28	8	0,9	
		P14 16/4	49	11	0,8	
		P14 14/0	258	57	12,6	
		P14 14/1	88	40	11,7	
Chiappa	2014	P14 14/2	142	59	14,3	
		P14 15/1	203	39	0,9	
		P14 15/2	31	6	0,8	
	2015	P14 15/3	101	34	13,5	
		P14 15/4	138	43	9,5	
		P14 16/1	248	85	24	
		P14 16/2	315	69	19	
	2016	P14 16/3	91	41	4,5	
		P14 16/4	90	29	5,4	
		P14 14/0	57	33	9,1	
		P14 14/1	153	67	13,5	
		P14 14/2	94	32	10,3	
Maggiolina	2015	P14 15/1	n.d.	n.d.	n.d.	
		P14 15/2	48	8	0,8	
		P14 15/3	482	204	41,5	
		P14 15/4	265	82	15,4	
	2016	P14 16/1	298	85	11	
		P14 16/2	446	58	16	
		P14 16/3	66	14	0,9	
		P14 16/4	91	20	4,6	

Postazione	Anno	Campagna	Rateo degli IPA Totali [ng/m ² /d]	Rateo degli IPA Norma UNI [ng/m ² /d]	Rateo del B(a)P [ng/m ² /d]	
Saint Bon	2014	P14 14/0	188	48	12,6	
		P14 14/1	149	58	13,5	
		P14 14/2	84	36	14,3	
	2015	P14 15/1	562	105	0,9	
		P14 15/2	137	24	0,8	
		P14 15/3	264	72	12,6	
		P14 15/4	123	32	4,7	
	2016	P14 16/1	621	229	33	
		P14 16/2	350	75	31	
		P14 16/3	78	12	0,9	
			P14 16/4	271	92	20
	Fossamastra	2014	P14 14/0	263	57	12,6
P14 14/1			88	36	13,5	
P14 14/2			270	62	19,9	
2015		P14 15/1	1336	213	39,2	
		P14 15/2	940	186	35,8	
		P14 15/3	439	87	19,1	
		P14 15/4	602	143	29	
2016		P14 16/1	4021	724	141	
		P14 16/2	3074	460	125	
		P14 16/3	309	44	9	
		P14 16/4	1313	251	65	
Melara	2015	P14 15/3	188	73	12,6	
		P14 15/4	104	32	4,7	
	2016	P14 16/1	254	72	7,4	
		P14 16/2	479	89	24	
		P14 16/3	68	14	1,8	
		P14 16/4	166	47	12	

A.7.6. APPENDICE – Ratei di deposizione di PCDD/F (2014 – 2016). Valori in pg/m²/d

		Rateo di PCDD/F nelle deposizioni – Valori in pg/m ² /d																		
Postazione	Anno	Campagna	2,3,7,8-TCDD	1,2,3,7,8-PeCDD	1,2,3,4,7,8-HxCDD	1,2,3,6,7,8-HxCDD	1,2,3,7,8,9-HxCDD	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	OCDD	2,3,7,8-TCDF	1,2,3,7,8-PeCDF	2,3,4,7,8-PeCDF	1,2,3,4,7,8-HxCDF	1,2,3,6,7,8-HxCDF	2,3,4,6,7,8-HxCDF	1,2,3,7,8,9-HxCDF	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	OCDF		
Bolano	2014	P14 14/0	<0,26	<0,35	<0,34	<0,39	<0,33	<0,78	4,96	<0,28	<0,27	<0,29	<0,30	<0,29	<0,34	<0,29	<0,43	<0,42	<0,77	
		P14 14/1	<0,07	<0,11	<0,12	<0,15	<0,13	<0,14	1,62	<0,14	<0,08	<0,09	<0,11	<0,11	<0,12	<0,12	<0,17	<0,14	<0,45	
		P14 14/2	<0,14	<0,18	<0,15	<0,18	<0,15	<0,32	2,23	<0,14	<0,09	<0,09	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,18	<0,18	<0,47	
	2015	P14 15/1	<0,16	<0,25	<0,25	<0,29	<0,24	2,44	1,39	<0,17	<0,16	<0,17	<0,23	<0,24	<0,23	<0,22	<0,23	1,57	0,52	0,87
		P14 15/2	<0,17	<0,25	<0,28	<0,34	<0,28	<0,44	<0,73	<0,23	<0,15	<0,16	<0,22	<0,23	<0,22	<0,22	<0,22	<0,28	<0,30	<0,62
		P14 15/3	<0,09	<0,12	<0,13	<0,14	<0,12	<0,25	<0,61	<0,06	<0,06	<0,06	<0,07	<0,06	<0,07	<0,06	<0,15	<0,14	<0,56	
	2016	P14 16/1	<0,13	<0,14	<0,16	<0,18	<0,15	<0,22	<0,26	<0,11	<0,10	<0,09	<0,13	<0,12	<0,12	<0,12	<0,11	<0,14	<0,14	<0,26
		P14 16/2	<0,10	<0,13	<0,15	3,83	0,80	12,86	7,65	<0,10	<0,09	0,36	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	1,44	<0,17	<0,40	
		P14 16/3	<0,12	<0,22	<0,27	<0,29	0,47	3,50	0,19	<0,15	<0,13	<0,12	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,52	<0,29	<0,68	
	Follo	2014	P14 14/0	<0,31	<0,53	<0,63	<0,84	<0,70	<1,06	<1,23	<0,28	<0,28	<0,30	<0,48	<0,49	<0,51	<0,45	<0,74	<0,73	<1,28
			P14 14/1	<0,08	<0,18	<0,18	<0,21	<0,18	<0,33	1,24	<0,08	<0,08	<0,09	<0,17	<0,16	<0,15	<0,15	<0,27	<0,22	<0,63
			P14 14/2	<0,07	<0,15	<0,15	<0,22	<0,18	1,11	3,98	<0,15	<0,10	<0,10	<0,15	<0,16	<0,18	<0,17	1,75	0,61	2,59
2015		P14 15/1	<0,19	<0,23	<0,27	<0,31	0,70	2,26	<0,81	0,52	0,35	0,35	<0,24	0,52	<0,23	<0,24	<0,24	1,74	<0,35	2,09
		P14 15/2	<0,29	<0,34	<0,43	<0,48	<0,41	<0,63	<1,07	<0,27	<0,23	<0,23	<0,37	<0,36	<0,34	<0,34	1,71	<0,44	<0,90	
		P14 15/3	<0,10	<0,17	<0,19	<0,21	<0,18	0,80	<0,66	<0,10	0,32	<0,08	<0,14	<0,12	<0,12	<0,11	<0,18	<0,16	1,59	
2016		P14 16/1	<0,14	<0,16	<0,17	<0,19	<0,16	<0,15	0,95	<0,13	<0,11	<0,13	<0,12	<0,11	<0,14	<0,11	<0,15	<0,15	<0,28	
		P14 16/2	<0,10	<0,13	<0,15	1,02	<0,14	6,71	7,41	<0,10	<0,09	<0,09	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	1,31	<0,17	<0,40	
		P14 16/3	<0,12	<0,21	<0,27	<0,29	<0,24	3,30	1,68	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,20	<0,52	<0,29	<0,68	
Arcoia		2014	P14 14/0	<0,28	<0,34	<0,43	<0,54	<0,45	<0,88	<0,93	<0,30	<0,26	<0,28	<0,38	<0,38	<0,42	<0,38	<0,54	<0,52	<0,97
			P14 14/1	<0,06	<0,11	<0,14	<0,17	<0,14	<0,28	<0,54	<0,17	<0,08	<0,09	<0,12	<0,11	<0,13	<0,13	<0,21	<0,17	<0,50
			P14 14/2	<0,06	<0,14	<0,16	<0,18	<0,15	<0,33	0,80	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,12	<0,12	<0,15	<0,15	<0,41
	2015	P14 15/1	<0,22	<0,27	<0,28	<0,31	<0,26	2,24	<0,69	0,52	0,35	0,35	<0,23	<0,22	<0,22	<0,22	1,04	0,52	1,21	
		P14 15/2	<0,14	0,49	<0,20	<0,22	<0,19	1,64	2,62	0,65	0,82	0,82	0,49	0,49	0,65	<0,14	1,15	<0,19	1,47	
		P14 15/3	<0,06	<0,12	<0,13	<0,14	<0,11	<0,27	2,18	<0,09	<0,06	<0,06	<0,11	<0,11	<0,11	<0,09	<0,15	<0,15	<0,52	
	2016	P14 16/1	<0,11	<0,14	<0,15	<0,18	<0,15	<0,22	<0,28	<0,26	<0,13	<0,13	<0,12	<0,11	<0,11	<0,11	<0,13	<0,13	<0,28	
		P14 16/2	<0,10	<0,13	<0,15	0,62	<0,14	5,38	8,79	<0,10	<0,09	<0,09	<0,11	0,32	<0,11	<0,11	0,37	<0,17	<0,40	
		P14 16/3	<0,12	<0,21	<0,26	<0,29	<0,24	<0,31	0,37	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,19	<0,52	<0,29	<0,67	
	Le Grazie	2014	P14 14/0	<0,23	<0,39	<0,39	<0,52	<0,43	<0,86	7,53	<0,23	<0,25	<0,24	<0,34	<0,33	<0,37	<0,34	<0,50	<0,48	<0,86
			P14 14/1	<0,06	<0,13	<0,17	<0,20	<0,16	<0,28	1,08	<0,06	<0,17	<0,06	<0,10	<0,10	<0,11	<0,11	<0,20	<0,18	<0,49
			P14 14/2	<0,06	<0,13	<0,13	<0,16	<0,14	<0,33	<0,53	<0,10	<0,72	<0,72	<0,08	<0,08	<0,09	<0,09	<0,18	<0,16	<0,49
2015		P14 15/1	<0,17	0,33	<0,24	0,49	<0,24	1,31	<0,63	<0,22	<0,12	0,33	0,49	<0,20	<0,20	<0,20	1,64	<0,26	1,31	
		P14 15/2	<0,06	<0,13	<0,13	<0,16	<0,13	0,72	<0,55	<0,09	<0,07	<0,07	<0,12	<0,11	<0,11	<0,10	0,90	0,36	1,79	
		P14 15/3	<0,20	<0,21	<0,21	<0,24	<0,20	<0,26	0,68	<0,16	<0,13	<0,13	<0,18	<0,17	<0,17	<0,16	<0,21	<0,22	0,95	
2016		P14 16/1	<0,14	<0,20	<0,24	<0,27	0,35	3,31	6,44	<0,20	0,52	0,52	0,70	0,52	<0,23	<0,19	1,57	<0,26	1,22	
		P14 16/2	<0,10	<0,13	<0,15	<0,09	<0,07	2,22	1,06	<0,10	<0,09	<0,01	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	1,28	<0,09	<0,18	
		P14 16/3	<0,12	<0,22	<0,27	<0,30	<0,25	4,68	1,14	<0,15	<0,13	<0,12	<0,22	<0,20	<0,20	<0,20	<0,12	<0,30	<0,69	
Chiappa		2014	P14 14/0	<0,33	<0,48	<0,45	<0,60	<0,49	<1,06	7,40	<0,42	<0,38	<0,41	<0,49	<0,48	<0,49	<0,47	4,11	<0,49	<1,01
			P14 14/1	<0,06	0,54	<0,18	<0,22	<0,19	<0,27	1,08	<0,21	<0,11	<0,12	<0,13	<0,13	<0,15	<0,14	1,08	<0,20	<0,58
			P14 14/2	<0,10	<0,15	<0,14	<0,18	<0,15	<0,26	<0,57	<0,14	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,10	<0,10	<0,13	<0,12	<0,47
	2015	P14 15/1	<0,16	<0,20	<0,23	<0,28	0,35	2,96	1,57	0,35	<0,12	0,70	0,87	0,87	0,70	<0,18	1,91	<0,29	2,26	
		P14 15/2	<0,19	<0,22	<0,25	<0,30	<0,25	1,31	<0,67	<0,17	<0,14	<0,15	<0,23	<0,21	<0,21	<0,21	0,82	<0,35	1,15	
		P14 15/3	<0,05	<0,14	<0,14	<0,15	<0,14	<0,17	<0,55	<0,09	<0,07	<0,07	<0,12	<0,11	<0,11	<0,10	1,08	<0,16	2,17	
	2016	P14 16/1	<0,14	<0,16	<0,18	<0,20	<0,16	<0,28	2,71	<0,12	<0,11	<0,12	<0,14	<0,13	<0,14	<0,13	<0,16	<0,16	<0,29	
		P14 16/2	<0,10	<0,13	0,10	0,74	<0,07	0,28	0,40	<0,10	<0,01	<0,09	<0,08	<0,11	<0,11	<0,11	0,89	<0,17	2,40	
		P14 16/3	<0,12	<0,22	<0,27	<0,30	<0,24	<0,32	1,41	<0,15	<0,13	<0,12	<0,22	<0,20	<0,20	<0,20	<0,53	<0,30	<0,69	
	Maggiolina	2014	P14 14/0	<0,19	<0,41	<0,49	<0,59	<0,49	<0,83	<1,06	<0,30	<0,29	<0,29	<0,37	<0,35	<0,39	<0,35	<0,53	<0,47	<1,00
			P14 14/1	<0,15	<0,22	<0,16	<0,22	<0,18	1,44	1,08	<0,20	<0,11	<0,12	<0,15	<0,15	<0,17	<0,17	0,90	<0,25	<0,65
			P14 14/2	<0,09	<0,37	<0,20	<0,25	<0,21	<0,27	1,59	<0,14	<0,10	<0,10	<0,13	<0,13	<0,14	<0,13	<0,14	<0,13	<0,31
2015		P14 15/1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
		P14 15/2	<0,21	<0,27	<0,31	<0,36	<0,30	2,63	11,17	<0,20	<0,17	<0,17	<0,28	<0,27	<0,29	<0,29	1,31	<0,42	<0,74	
		P14 15/3	<0,05	<0,12	<0,12	<0,13	<0,10	1,26	1,63	<0,10	<0,05	<0,05	<0,12	<0,11	<0,11	<0,10	0,90	0,36	1,26	
2016		P14 16/1	<0,12	<0,13	<0,14	<0,16	<0,13	<0,24	0,40	<0,13	<0,09	<0,09	<0,12	<0,11	<0,11	<0,10	0,80	<0,17	<0,28	
		P14 16/2	<0,10	<0,13	<0,15	4,02	1,84													

		Rateo di PCDD/F nelle deposizioni – Valori in pg/m ² /d																	
Postazione	Anno	Campagna	2,3,7,8-TCDD	1,2,3,7,8-PeCDD	1,2,3,4,7,8-HxCDD	1,2,3,6,7,8-HxCDD	1,2,3,7,8-HxCDD	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	OCDD	2,3,7,8-TCDF	1,2,3,7,8-PeCDF	2,3,4,7,8-PeCDF	1,2,3,4,7,8-HxCDF	1,2,3,6,7,8-HxCDF	2,3,4,6,7,8-HxCDF	1,2,3,7,8,9-HxCDF	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	OCDF
Fossamastra	2014	P14 14/0	<0,17	<0,35	<0,39	<0,49	<0,40	<0,74	9,59	<0,34	<0,22	<0,22	<0,31	<0,31	<0,33	<0,30	<0,42	<0,38	<0,92
		P14 14/1	<0,08	<0,23	<0,17	<0,21	<0,17	<0,32	3,43	<0,20	<0,09	<0,10	<0,14	<0,14	<0,16	<0,17	1,44	<0,21	<0,44
		P14 14/2	<0,08	<0,21	<0,14	<0,17	<0,14	1,11	3,66	<0,16	<0,11	<0,11	<0,14	<0,14	<0,16	<0,14	1,59	0,48	1,59
	2015	P14 15/1	<0,21	<0,22	<0,23	<0,29	<0,23	2,26	<0,57	<0,44	<0,15	0,70	0,87	0,52	0,87	<0,21	2,26	<0,24	1,74
		P14 15/2	<0,15	<0,19	<0,20	0,70	0,52	2,97	3,67	0,52	0,52	0,70	0,70	0,70	0,52	<0,16	2,27	0,70	2,62
		P14 15/3	<0,06	<0,11	<0,10	<0,11	<0,09	<0,19	3,28	<0,11	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,06	<0,12	<0,12	<0,46
	2016	P14 15/4	<0,11	<0,14	<0,11	<0,14	<0,11	1,35	4,59	0,41	<0,10	0,54	0,27	0,41	0,27	<0,09	1,22	<0,11	0,81
		P14 16/1	<0,10	<0,13	<0,17	2,34	1,46	12,13	16,84	<0,10	0,36	1,03	1,51	0,71	<0,11	<0,11	3,83	<0,17	4,68
		P14 16/2	<0,12	<0,21	<0,27	<0,29	<0,24	6,85	26,69	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,20	3,58	<0,29	<0,68
		P14 16/3	<0,10	<0,19	<0,23	0,32	0,21	2,92	10,88	<0,13	<0,11	<0,11	<0,36	0,40	<0,17	<0,17	<0,45	<0,26	<0,59
	P14 16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	3,54	11,33	0,41	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,33	<0,19	2,15	
	Melara	2015	P14 15/3	<0,06	<0,13	<0,12	<0,14	<0,12	<0,17	<0,48	<0,07	<0,05	<0,05	<0,08	<0,07	<0,07	<0,07	<0,10	<0,10
P14 15/4			<0,13	<0,13	<0,13	<0,15	<0,13	<0,19	8,47	<0,12	<0,09	<0,09	<0,11	<0,11	<0,11	<0,10	<0,15	<0,14	<0,25
2016		P14 16/1	<0,10	0,14	<0,15	7,94	3,25	32,91	27,79	<0,11	0,50	1,31	2,34	<0,11	<0,12	<0,12	1,99	0,06	1,36
		P14 16/2	<0,12	<0,21	<0,26	<0,29	<0,24	4,92	1,38	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,19	<0,52	<0,29	<0,67
		P14 16/3	<0,10	<0,19	<0,23	2,27	0,49	10,07	8,12	0,46	<0,06	<0,05	0,83	0,24	<0,17	<0,17	1,04	0,41	<0,59
		P14 16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	3,89	13,48	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	1,00	<0,19	<0,44

A.7.7. Ratei di deposizione di PCB (2014 – 2016). Valori in pg/m²/d

Rateo di PCB nelle deposizioni – Valori in pg/m ² /d													
Postazione	Anno	Campagna	PCB 81	PCB 77	PCB 126	PCB 169	PCB 105	PCB 114	PCB 118	PCB 123	PCB 156	PCB 157	PCB 167
Bolano	2014	P14 14/0	<2	<2	<4	<1	<3	<3	<3	<3	<2	<2	<2
		P14 14/1	<1	<1	<4	<1	<4	<3	<3	<4	5	<1	2
		P14 14/2	<1	5	<2	<2	55	4	137	3	52	12	27
	2015	P14 15/1	<1	<1	<4	2	<2	2	<1	<2	<1	<1	<1
		P14 15/2	1	2	3	2	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1
		P14 15/3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	4	<1	1	<1	<1
		P14 15/4	<1	<1	<1	<0,5	<1	<1	4	<1	1	<0,5	<1
	2016	P14 16/1	<0,4	1,5	1,0	<0,2	3,2	<0,9	6,2	<0,9	3,2	0,2	0,2
		P14 16/2	<0,0	3,8	0,9	<0,4	0,9	0,8	4,5	<1,3	3,3	0,1	0,3
		P14 16/3	<0,5	0,7	0,8	<0,3	1,0	<0,7	0,9	<1,1	1,3	0,4	0,3
		P14 16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	0,8	<0,5	0,7	<0,8	2,5	0,3	0,3
	Follo	2014	P14 14/0	<1	<1	<3	<1	<2	<2	<3	<1	<1	<1
P14 14/1			<1	4	<4	<1	<4	<4	<4	<4	3	<1	<1
P14 14/2			<1	3	<1	<1	<2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2015		P14 15/1	<1	<1	<2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
		P14 15/2	3	<2	3	5	<2	5	<2	<2	<1	<1	<1
		P14 15/3	<1	1	<1	<1	4	<1	22	<1	4	<1	<1
		P14 15/4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	7	<1	<1	<1	<1
2016		P14 16/1	<0,4	3,3	0,8	<0,2	2,7	<0,0	8,1	1,7	4,0	1,5	2,7
		P14 16/2	<0,6	2,9	0,9	0,3	3,9	<0,1	11,6	0,4	8,9	1,3	3,6
		P14 16/3	<0,5	0,7	0,8	<0,3	1,0	<0,7	0,9	<1,1	0,4	0,3	0,1
		P14 16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,7	<0,8	0,3	0,3	0,3
Arcola		2014	P14 14/0	<2	<2	<3	<1	<2	<3	<3	<1	<1	<1
	P14 14/1		<1	27	12	<2	11	<4	25	<5	31	8	12
	P14 14/2		<1	14	5	<2	45	<2	78	<2	29	9	9
	2015	P14 15/1	3	84	22	<4	199	9	451	8	114	36	51
		P14 15/2	<1	12	4	2	42	3	70	2	23	7	9
		P14 15/3	3	4	3	2	14	2	40	<2	6	3	5
		P14 15/4	<1	122	26	<2	277	10	542	7	128	39	56
	2016	P14 16/1	<0,4	50,3	10,8	<0,2	139,6	<0,9	239,1	<0,9	62,9	19,5	26,3
		P14 16/2	5,1	184,2	49,7	<0,3	568,1	13,1	1008,8	18,9	85,5	87,6	104,1
		P14 16/3	<0,1	0,2	0,2	<0,1	0,2	<0,2	0,2	<0,3	0,1	0,1	0,1
		P14 16/4	<0,4	46,9	18,1	<0,2	127,6	2,5	174,0	3,2	105,0	25,8	30,1
	Le Grazie	2014	P14 14/0	<1	<1	<3	<1	<3	<3	<3	<1	<1	<1
P14 14/1			<1	<1	<4	<1	<3	<4	<3	<4	6	<2	4
P14 14/2			<1	3	<1	<1	5	<1	4	<1	4	4	2
2015		P14 15/1	2	2	2	2	9	2	8	1	8	1	2
		P14 15/2	1	2	<1	1	4	<1	18	<1	3	1	1
		P14 15/3	<1	<1	<1	<1	9	<1	26	<1	5	<1	2
		P14 15/4	3	5	3	2	26	3	50	2	10	<2	5
2016		P14 16/1	<0,4	2,8	1,0	<0,2	11,9	1,5	31,7	<0,3	10,0	2,0	3,7
		P14 16/2	<0,6	3,3	1,5	<0,7	1,2	2,0	7,0	<1,4	9,4	0,5	1,6
		P14 16/3	<0,5	1,5	0,8	<0,3	3,9	<0,1	3,4	<1,1	10,4	1,1	9,1
		P14 16/4	<0,4	0,0	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,7	<0,8	0,1	0,8	5,2
Chiappa		2014	P14 14/0	<1	<1	<3	<1	<3	<3	<3	<1	<1	<1
	P14 14/1		<1	<1	<3	<1	<2	<3	<3	<3	<1	<1	2
	P14 14/2		<1	<1	<2	<1	5	<1	5	<2	2	<1	<1
	2015	P14 15/1	2	<1	2	2	1	2	<1	<1	2	1	<1
		P14 15/2	2	2	1	2	<1	1	<1	<1	1	<1	<1
		P14 15/3	<1	3	<2	2	6	<1	31	2	4	2	2
		P14 15/4	<1	<1	<1	<1	2	<1	5	<1	1	<1	<1
	2016	P14 16/1	<0,4	3,2	0,9	<0,2	6,8	<0,9	17,8	<0,9	6,9	2,0	3,3
		P14 16/2	<0,6	2,7	1,0	0,4	2,8	<0,1	7,3	1,3	4,1	0,2	2,3
		P14 16/3	<0,5	2,1	0,8	<0,3	1,0	<0,1	0,9	<1,1	0,4	0,3	0,4
		P14 16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	0,8	<0,2	0,7	<0,8	3,6	0,4	0,3

Rateo di PCB nelle deposizioni – Valori in pg/m ² /d														
Postazione	Anno	Campagna	PCB 81	PCB 77	PCB 126	PCB 169	PCB 105	PCB 114	PCB 118	PCB 123	PCB 156	PCB 157	PCB 167	
Maggiolina	2014	P14 14/0	<2	<2	<4	<2	<3	<3	<3	<3	13	<2	<2	
		P14 14/1	<1	<1	<3	<2	<2	<2	<2	<3	10	<2	4	
		P14 14/2	<1	7	<2	<1	23	<2	40	<2	4	2	2	
	2015	P14 15/1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
		P14 15/2	<1	7	3	2	33	4	87	<2	13	3	7	
		P14 15/3	<1	4	<1	1	35	3	90	<1	10	3	6	
		P14 15/4	<1	1	<1	<1	18	<1	44	<1	5	<1	2	
	2016	P14 16/1	<0,3	11,8	1,0	<0,2	57,8	<3,3	117,4	6,0	24,6	7,4	15,0	
		P14 16/2	<0,6	6,0	2,6	0,4	55,6	1,4	103,3	2,3	10,6	0,7	6,8	
		P14 16/3	<0,5	6,1	0,9	<0,3	21,6	3,4	34,9	<0,3	4,1	0,8	4,8	
		P14 16/4	<0,4	2,6	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,6	<0,8	2,9	1,0	0,0	
	Saint Bon	2014	P14 14/0	<3	<3	<6	<5	<5	<5	<5	<5	<6	<6	<6
P14 14/1			<1	<1	<4	<1	<3	<3	<3	<4	4	<1	3	
P14 14/2			<1	4	<2	<1	6	<2	3	<2	2	1	<1	
2015		P14 15/1	2	6	3	2	18	2	40	1	7	2	3	
		P14 15/2	2	5	3	1	18	3	34	1	7	1	5	
		P14 15/3	<1	5	<1	<1	19	3	57	2	13	4	6	
		P14 15/4	<1	<1	<1	<1	25	<1	58	<1	6	<1	1	
2016		P14 16/1	<0,4	0,5	1,0	<0,2	34,2	<0,9	59,6	<0,9	18,4	3,3	7,3	
		P14 16/2	<0,6	8,4	1,0	<0,4	55,9	1,3	93,8	<1,3	4,9	5,1	11,0	
		P14 16/3	<0,5	1,8	0,8	<0,3	8,3	1,7	5,0	<1,1	4,1	2,4	2,0	
		P14 16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	5,6	1,6	11,2	<0,8	12,2	1,9	4,2	
Fossamastra		2014	P14 14/0	<4	75	19	<16	671	32	1668	21	298	79	161
	P14 14/1		<3	5	<5	<4	70	10	334	<6	46	12	36	
	P14 14/2		<1	10	3	<2	39	3	93	2	26	6	12	
	2015	P14 15/1	2	11	4	<2	104	8	269	6	41	7	16	
		P14 15/2	2	10	2	4	96	7	217	5	39	8	21	
		P14 15/3	1	11	<1	<1	43	3	117	2	22	5	9	
		P14 15/4	<1	4	<2	<2	40	<1	109	<1	24	4	9	
	2016	P14 16/1	<0,4	13,3	4,6	<0,2	101,8	5,3	249,5	<0,9	69,7	11,4	31,7	
		P14 16/2	<0,6	18,7	0,9	<1,7	95,4	5,0	200,1	<3,8	60,8	13,6	26,8	
		P14 16/3	<0,5	14,3	6,2	<0,3	108,3	6,2	217,4	5,8	54,7	14,1	35,1	
		P14 16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	45,7	<0,5	87,3	<0,8	31,9	0,3	15,2	
	Melara	2015	P14 15/3	<1	<1	<1	<1	15	1	47	2	6	1	4
P14 15/4			<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
2016		P14 16/1	<0,4	1,6	0,4	<0,2	17,9	<0,9	36,3	<0,4	10,7	2,3	4,0	
		P14 16/2	<0,6	6,7	0,9	<0,8	22,8	<0,8	53,2	<2,2	17,3	3,9	10,8	
		P14 16/3	<0,5	6,2	0,8	<0,3	20,6	1,2	41,7	3,8	7,6	1,4	3,3	
		P14 16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,7	<0,8	5,5	0,3	0,3	

A.7.8. Ratei di deposizione di PCDD/F e PCB dl (2014 – 2016). Valori in pg TEQ/m²/d

Postazione	Anno	Campagna	PCDD/F [pg TEQ/m ² /d]	PCB dl [pg TEQ/m ² /d]	PCDD/F+PCB dl [pg TEQ/m ² /d]	
Bolano	2014	P14 14/0	0,44	0,22	0,65	
		P14 14/1	0,14	0,20	0,34	
		P14 14/2	0,19	0,12	0,31	
	2015	P14 15/1	0,46	0,42	0,88	
		P14 15/2	0,30	0,38	0,68	
		P14 15/3	0,10	0,13	0,23	
		P14 15/4	0,18	0,10	0,28	
	2016	P14 16/1	0,92	0,10	1,02	
		P14 16/2	0,31	0,10	0,41	
		P14 16/3	0,42	0,09	0,51	
			P14 16/4	0,18	0,06	0,25
	Follo	2014	P14 14/0	0,60	0,14	0,75
P14 14/1			0,18	0,23	0,41	
P14 14/2			0,21	0,08	0,29	
2015		P14 15/1	0,63	0,18	0,81	
		P14 15/2	0,47	0,46	0,93	
		P14 15/3	0,20	0,10	0,30	
		P14 15/4	0,20	0,14	0,34	
2016		P14 16/1	0,34	0,08	0,42	
		P14 16/2	0,27	0,11	0,38	
		P14 16/3	2,25	0,09	2,34	
			P14 16/4	0,15	0,06	0,22
Arcola		2014	P14 14/0	0,48	0,16	0,64
	P14 14/1		0,14	1,19	1,33	
	P14 14/2		0,15	0,49	0,65	
	2015	P14 15/1	0,56	2,27	2,83	
		P14 15/2	1,06	0,44	1,51	
		P14 15/3	0,13	0,31	0,44	
		P14 15/4	0,19	2,67	2,86	
	2016	P14 16/1	0,31	1,11	1,41	
		P14 16/2	0,24	5,05	5,29	
		P14 16/3	0,50	0,02	0,52	
			P14 16/4	0,20	1,83	2,03
	Le Grazie	2014	P14 14/0	0,44	0,16	0,60
P14 14/1			0,14	0,21	0,35	
P14 14/2			0,30	0,08	0,38	
2015		P14 15/1	0,68	0,37	1,05	
		P14 15/2	0,61	0,30	0,91	
		P14 15/3	0,15	0,14	0,29	
		P14 15/4	0,27	0,15	0,42	
2016		P14 16/1	0,17	0,10	0,27	
		P14 16/2	0,29	0,16	0,45	
		P14 16/3	0,36	0,09	0,44	
			P14 16/4	0,16	0,06	0,22
Chiappa		2014	P14 14/0	0,65	0,16	0,81
	P14 14/1		0,42	0,16	0,57	
	P14 14/2		0,16	0,09	0,26	
	2015	P14 15/1	0,88	0,29	1,17	
		P14 15/2	0,31	0,21	0,52	
		P14 15/3	0,14	0,24	0,39	
		P14 15/4	0,20	0,13	0,33	
	2016	P14 16/1	0,23	0,10	0,33	
		P14 16/2	0,24	0,11	0,35	
		P14 16/3	0,30	0,09	0,39	
			P14 16/4	0,16	0,06	0,22
	Maggiolina	2014	P14 14/0	0,46	0,21	0,66
P14 14/1			0,26	0,17	0,43	
P14 14/2			0,23	0,11	0,35	
2015		P14 15/1	-	-	-	
		P14 15/2	0,39	0,37	0,76	
		P14 15/3	0,14	0,14	0,28	
		P14 15/4	0,18	0,14	0,32	
2016		P14 16/1	1,65	0,11	1,76	
		P14 16/2	0,27	0,28	0,55	
		P14 16/3	0,27	0,10	0,37	
			P14 16/4	0,15	0,06	0,22

Postazione	Anno	Campagna	PCDD/F [pg TEQ/m ² /d]	PCB dl [pg TEQ/m ² /d]	PCDD/F+PCB dl [pg TEQ/m ² /d]	
Saint Bon	2014	P14 14/0	0,62	0,36	0,98	
		P14 14/1	0,13	0,20	0,33	
		P14 14/2	0,17	0,09	0,26	
	2015	P14 15/1	1,34	0,33	1,67	
		P14 15/2	0,45	0,31	0,75	
		P14 15/3	0,29	0,17	0,46	
		P14 15/4	0,20	0,16	0,36	
	2016	P14 16/1	3,02	0,11	3,12	
		P14 16/2	0,29	0,11	0,39	
		P14 16/3	0,21	0,09	0,30	
	Fossamastra	2014	P14 14/0	0,39	2,25	2,65
			P14 14/1	0,21	0,35	0,56
P14 14/2			0,22	0,32	0,54	
2015		P14 15/1	0,86	0,46	1,32	
		P14 15/2	0,95	0,35	1,30	
		P14 15/3	0,12	0,17	0,29	
		P14 15/4	0,55	0,18	0,74	
2016		P14 16/1	1,43	0,48	1,91	
		P14 16/2	0,37	0,13	0,50	
		P14 16/3	0,32	0,64	0,96	
Melara	2015	P14 15/3	0,12	0,13	0,24	
		P14 15/4	0,18	0,14	0,33	
	2016	P14 16/1	2,57	0,05	2,61	
		P14 16/2	0,29	0,11	0,40	
		P14 16/3	0,69	0,09	0,78	
		P14 16/4	0,21	0,06	0,28	

A.7.9. APPENDICE – Ratei di deposizione di specie ioniche (2014 – 2016)

Rateo di deposizione delle specie ioniche – Valori in mg/m ² /d											
Postazione	Anno	Campagna	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nsSO ₄ ²⁻
Bolano	2014	P14 14/0	1.9	3.1	0.5	0.4	0.9	4.6	3.6	2.2	1.6
		P14 14/1	3.5	9.0	1.2	0.8	0.6	14.4	2.7	7.1	5.1
		P14 14/2	1.7	3.1	0.5	0.4	1.1	4.3	4.7	4.0	3.4
	2015	P14 15/1	4.1	10.0	1.3	0.5	0.2	15.0	6.4	4.9	2.8
		P14 15/2	3.0	2.8	0.5	0.4	0.4	4.0	4.4	3.1	2.6
		P14 15/3	1.6	0.8	0.2	0.9	0.3	0.9	1.8	1.3	1.2
		P14 15/4	3.5	4.2	0.7	0.8	0.2	6.2	5.4	5.8	4.9
	2016	P14 16/1	5.7	13.0	1.3	2.6	2.1	20.3	8.3	6.3	3.5
		P14 16/2	4.7	4.5	0.7	1.1	1.2	5.3	3.1	2.4	1.7
		P14 16/3	5.4	1.3	0.8	4.8	1.4	2.8	1.8	1.8	1.4
		P14 16/4	3.9	1.4	0.3	0.5	0.7	3.2	2.5	1.9	1.5
		P14 14/0	2.7	3.4	0.6	0.3	0.4	5.2	3.8	2.4	1.7
Follo	2014	P14 14/1	2.7	3.8	0.5	0.5	2.0	5.6	6.2	5.1	4.4
		P14 14/2	2.4	4.6	0.7	0.4	1.6	6.4	7.5	7.0	6.1
		P14 15/1	2.0	11.1	1.1	0.5	0.3	16.6	5.9	5.2	2.9
	2015	P14 15/2	3.9	4.6	0.7	0.5	1.1	6.5	7.4	4.7	3.8
		P14 15/3	1.0	0.7	0.1	0.2	0.1	0.9	1.9	0.7	0.6
		P14 15/4	5.5	5.8	0.8	0.4	0.5	9.7	4.9	5.9	4.6
		P14 16/1	2.5	8.6	0.7	0.5	1.5	13.7	6.6	5.5	3.6
	2016	P14 16/2	4.7	4.1	0.6	1.2	1.9	7.2	3.5	2.9	1.9
		P14 16/3	2.5	1.4	0.2	0.2	0.2	2.5	2.1	1.3	0.9
		P14 16/4	2.3	1.8	0.3	0.3	0.0	3.0	3.2	1.7	1.3
		P14 14/0	3.0	3.3	0.5	0.5	0.4	5.8	3.0	2.3	1.4
		P14 14/1	4.3	6.7	0.9	0.7	0.1	11.6	0.4	5.8	4.2
Arcola	2014	P14 14/2	1.9	3.4	0.5	0.4	0.8	6.3	3.8	2.8	1.9
		P14 15/1	4.9	13.4	1.6	0.5	0.3	21.0	5.8	5.5	2.6
		P14 15/2	4.3	4.0	0.6	0.7	0.2	6.4	5.2	3.8	2.9
	2015	P14 15/3	1.7	0.7	0.1	0.3	0.0	1.8	1.6	0.8	0.6
		P14 15/4	7.7	6.4	1.6	0.0	0.7	12.8	9.4	8.5	6.7
		P14 16/1	4.5	11.4	1.2	2.2	2.0	19.0	8.4	6.4	3.7
		P14 16/2	5.7	5.4	0.8	1.4	2.0	10.2	5.0	4.5	3.1
	2016	P14 16/3	1.1	0.7	0.1	0.2	0.1	1.2	1.3	0.7	0.6
		P14 16/4	2.9	2.4	0.4	0.2	1.0	3.4	5.3	3.0	2.6
		P14 14/0	5.7	3.8	0.7	0.6	0.3	6.0	2.4	3.9	3.0
		P14 14/1	3.7	8.3	1.2	0.6	0.5	13.2	7.1	7.4	5.6
		P14 14/2	1.5	2.2	0.3	0.6	1.1	3.7	2.0	2.4	1.9
Le Grazie	2014	P14 15/1	3.1	20.5	2.5	0.9	0.8	31.8	5.8	7.2	2.8
		P14 15/2	4.4	4.8	0.8	0.7	0.1	7.3	4.8	4.3	3.3
		P14 15/3	1.0	1.2	0.1	0.2	0.0	1.6	0.8	0.5	0.3
	2015	P14 15/4	3.3	7.2	1.0	0.5	0.1	11.8	1.5	5.1	3.4
		P14 16/1	3.4	11.3	1.1	0.7	1.8	17.8	6.0	5.8	3.3
		P14 16/2	5.2	7.3	1.0	0.9	1.0	14.6	6.4	4.9	2.9
		P14 16/3	0.4	0.4	0.1	0.1	0.0	0.6	0.4	0.2	0.1
	2016	P14 16/4	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.2	0.2
		P14 14/0	2.4	5.8	0.7	0.7	0.0	8.8	4.1	2.7	1.5
		P14 14/1	2.9	5.2	0.8	0.8	0.4	7.9	6.6	4.6	3.5
		P14 14/2	1.6	3.6	0.5	0.6	1.6	5.1	4.8	3.7	3.0
		P14 15/1	2.7	11.8	1.3	0.5	0.1	18.1	5.8	5.9	3.4
Chiappa	2014	P14 15/2	2.1	3.8	0.5	0.4	0.8	5.5	5.0	4.2	3.4
		P14 15/3	0.6	0.7	0.1	0.4	0.1	0.8	0.9	0.6	0.5
		P14 15/4	3.0	5.5	0.6	0.5	1.2	8.6	7.3	7.2	6.0
	2015	P14 16/1	3.6	8.8	0.8	0.8	4.0	13.9	12.5	6.7	4.7
		P14 16/2	4.7	4.0	0.6	1.2	1.5	9.9	7.7	4.5	3.1
		P14 16/3	1.0	0.8	0.1	0.3	0.2	1.1	1.0	0.7	0.5
		P14 16/4	2.0	2.6	0.4	2.2	12.3	3.9	3.4	5.0	4.5
	2016	P14 14/0	3.6	4.5	0.7	0.9	0.0	7.0	2.0	2.4	1.4
		P14 14/1	4.6	7.0	1.0	0.7	1.5	11.1	7.3	6.4	4.8
		P14 14/2	2.0	2.6	0.4	0.2	0.4	4.0	0.4	2.6	2.0
		P14 15/1	4.5	16.5	2.0	0.8	0.5	24.5	6.9	7.7	4.3
		P14 15/2	4.0	2.7	0.6	0.2	0.1	4.0	5.7	3.5	3.0
Maggiolina	2014	P14 15/3	1.1	1.0	0.1	0.6	0.1	1.3	1.5	0.9	0.7
		P14 15/4	4.0	3.9	0.8	0.4	0.1	6.7	3.0	5.6	4.6
		P14 16/1	5.1	9.8	1.1	0.5	1.5	15.0	6.8	5.8	3.7
	2015	P14 16/2	7.0	5.8	0.9	1.0	1.0	15.0	5.1	4.9	2.8
		P14 16/3	0.3	0.4	0.1	0.6	0.0	0.5	0.4	0.3	0.2
		P14 16/4	3.6	3.1	0.5	0.5	1.6	4.4	7.1	4.8	4.2
		P14 14/0	3.6	4.5	0.7	0.9	0.0	7.0	2.0	2.4	1.4

Rateo di deposizione delle specie ioniche – Valori in mg/m ² /d												
Postazione	Anno	Campagna	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nsSO ₄ ²⁻	
Saint Bon	2014	P14 14/0	4.1	3.1	0.5	0.5	0.6	4.6	3.6	2.0	1.4	
		P14 14/1	5.5	6.3	1.2	1.0	0.8	10.1	7.2	6.3	4.9	
		P14 14/2	3.9	4.2	0.8	0.7	0.2	6.8	2.9	3.8	2.9	
	2015	P14 15/1	13.1	17.5	3.0	1.5	2.4	26.4	7.4	8.9	5.2	
		P14 15/2	13.0	4.7	1.2	0.5	0.7	7.2	5.9	5.3	4.3	
		P14 15/3	2.0	1.1	0.2	0.4	0.2	1.7	1.6	0.9	0.7	
		P14 15/4	6.4	5.9	1.1	0.4	0.2	9.7	4.3	6.0	4.6	
	2016	P14 16/1	7.2	10.8	1.4	0.9	2.4	16.2	7.9	7.1	4.9	
		P14 16/2	7.3	5.5	0.9	0.8	1.2	11.2	4.6	3.5	1.9	
		P14 16/3	0.9	0.7	0.1	0.2	0.0	1.1	0.9	0.6	0.4	
		P14 16/4	7.6	3.0	0.9	1.5	1.4	6.9	6.1	4.3	3.3	
	Fossamastra	2014	P14 14/0	6.1	5.6	0.8	0.5	0.3	8.6	4.7	3.2	2.0
P14 14/1			8.7	7.8	1.6	0.4	0.1	12.2	0.1	7.2	5.5	
P14 14/2			2.9	3.4	0.5	0.6	0.7	5.3	0.6	2.7	2.0	
2015		P14 15/1	16.5	16.7	3.1	0.7	0.1	25.5	6.0	7.8	4.3	
		P14 15/2	10.4	3.8	1.0	0.4	0.2	5.3	5.1	4.9	4.1	
		P14 15/3	1.9	1.7	0.2	0.2	0.1	2.2	2.9	1.5	1.2	
		P14 15/4	8.0	6.5	1.3	0.3	0.4	10.5	8.5	7.8	6.3	
2016		P14 16/1	19.0	8.4	1.6	0.5	1.3	13.2	7.9	6.4	4.5	
		P14 16/2	12.9	5.5	1.2	0.7	1.0	10.2	6.0	4.0	2.6	
		P14 16/3	1.6	2.2	0.2	0.2	0.1	3.5	1.7	1.3	0.8	
		P14 16/4	7.6	3.9	0.8	0.3	0.7	5.3	5.7	3.8	3.0	
Melara		2015	P14 15/3	1.2	0.6	0.1	0.2	0.1	0.7	1.8	1.0	0.9
	P14 15/4		3.8	5.1	0.9	0.3	1.4	7.7	7.9	8.1	7.0	
	2016	P14 16/1	5.6	10.2	1.0	1.0	2.7	16.3	9.6	6.5	4.2	
		P14 16/2	4.9	4.8	0.8	0.8	0.9	7.2	6.5	3.5	2.5	
		P14 16/3	0.8	0.9	0.1	0.1	0.1	1.1	1.3	0.9	0.7	
		P14 16/4	6.9	3.8	1.5	1.1	1.1	5.3	8.2	6.3	5.5	

APPENDICE 8

VALIDAZIONE DEI DATI DI METALLI NEI DEPOSIMETRI

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Scopo del documento è quello di descrivere le attività effettuate da ARPAL ai fini della validazione delle determinazioni analitiche non direttamente eseguite, relativamente alle campagne di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche effettuate in ottemperanza alla prescrizione n.14 del Parere Istruttoria dell'AIA rilasciata dal MATTM alla Centrale TME Enel della Spezia con Decreto n. 244 del 06/09/2013.

Si ricorda che nel 2016 (vedi cap. 5 per dettagli) sono stati raccolti 41 campioni di deposizioni. Per quel che concerne la determinazione dei metalli nelle deposizioni si è stabilito che ARPAL eseguisse le determinazioni su un set limitato di campioni dell'ordine almeno del 20%.

ARPAL, in ciascuna delle quattro campagne, ha eseguito le determinazioni dei metalli (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Tl, V) secondo il seguente schema:

- campagna **P14 16/1** - postazioni di Arcola, Fossamastra- Alto e Fossamastra-Basso e Bianco di campagna;
- campagna **P14 16/2** - Fossamastra-Basso, Le Grazie, Arcola e Mezzo mobile ubicato a Melara;
- campagna **P14 16/3** - Chiappa, Saint Bon, Maggiolina e Bianco di campagna;
- campagna **P14 16/4** - Arcola, Melara e Follo.

Complessivamente sono stati controllati 14 campioni di deposizione su un totale di 45 (31%) tra deposizioni e bianchi di campagna.

Il confronto tra le misure di ARPAL e quelle di CESI è stato effettuato calcolando una "percentuale di discordanza" tra i due laboratori utilizzando la seguente definizione che offre il vantaggio di essere simmetrica, a meno del segno:

$$\Delta C = \frac{C_{CESI} - C_{ARPAL}}{\frac{1}{2}(C_{CESI} + C_{ARPAL})}$$

I valori delle "percentuali di discordanza", risultanti dall'applicazione della Procedura ARPAL a ciascuna coppia dei risultati analitici, sono riportati nella Tabella seguente.

Usando il criterio del protocollo ARPAL (approvato dall'ISS in data 05/11/03), che prevede per ogni singolo parametro un **intervallo di conformità del 50%**, la percentuale dei campioni da ritenersi complessivamente conformi, considerando le quattro campagne, è riportata nella tabella che segue:

Parametro	N° campioni conformi	N° campioni NON conformi	N° campioni Totali	% di conformità
Cadmio	8	6	14	57%
Cromo Totale	11	3	14	79%
Piombo	10	4	14	71%
Rame	13	1	14	93%
Arsenico	11	3	14	79%
Vanadio	11	3	14	79%
Manganese	13	1	14	93%
Tallio	12	2	14	86%
Nichel	13	1	14	93%
TOTALE	102	24	126	81%

L'indice di validazione conclusivo, che è dato dalla media delle percentuali di conformità di ogni singolo parametro, risulta pari a 81% e dunque maggiore del valore soglia prefissato dal protocollo ARPAL, pari al 70%.

CONCLUSIONI

Come risulta dalla tabella sopra riportata, per ciascun parametro il valore della percentuale di conformità complessiva è maggiore del valore soglia indicato dalla procedura ARPAL, pari al 70%, ad indicare che il confronto non ha evidenziato, per nessun parametro, elevate criticità. Si precisa infine che la procedura non è stata applicata al mercurio, in quanto le metodiche dei laboratori sono diverse: per questo parametro si è concordato di utilizzare i dati CESI, in quanto il limite di quantificazione del Laboratorio CESI è inferiore rispetto a quello del Laboratorio ARPAL.

Si evidenzia che per il Cd l'indice di valutazione specifico risulta minore degli altri metalli in quanto le concentrazioni confrontate sono basse e pertanto si hanno elevati scostamenti percentuali pur con piccole differenze nei valori.

Complessivamente, la performance è risultata più che soddisfacente e quindi sono considerate valide, ai fini dell'esecuzione della prescrizione 14 AIA le determinazioni analitiche dei metalli nelle deposizioni atmosferiche fornite dal Laboratorio CESI.

APPENDICE 9

VALIDAZIONE DEI DATI DI PM10

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Scopo del documento è quello di descrivere le attività effettuate da ARPAL ai fini della validazione delle determinazioni analitiche non direttamente eseguite, relativamente alle campagne di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche effettuate in ottemperanza alla prescrizione n.14 del Parere Istruttorio dell'AIA rilasciata dal MATTM alla Centrale TME Enel della Spezia con Decreto n. 244 del 06/09/2013.

Per quel che concerne le determinazioni gravimetriche dei PM10 si è stabilito che ARPAL eseguisse un numero di determinazioni gravimetriche (intendendo tutta la catena di misura dalla preparativa all'esecuzione del campionamento e la determinazione gravimetrica) pari a circa il 15-20% del totale finalizzate alla validazione.

ARPAL, in ciascuna delle quattro campagne, ha eseguito le determinazioni gravimetriche giornaliere del PM10 corrispondente a circa il 20% del totale dei giorni di durata della campagna secondo il seguente schema:

- campagna **P14 16/1** - dal 18/03 al 23/03;
- campagna **P14 16/2** - dal 07/04 al 12/04;
- campagna **P14 16/3** - dal 15/07 al 20/07;
- campagna **P14 16/4** - dal 11/08 al 16/08.

In seguito all'emissione dei Rapporti di Prova relativi alla determinazione gravimetrica del PM10 nelle postazioni di Chiappa, Le Grazie e Follo a cura del Laboratorio CESI e del Laboratorio ARPAL si è proceduto ad effettuare il confronto tra i risultati ottenuti di cui l'80% prodotti da CESI e il 20% prodotti da ARPAL.

L'attività in primo luogo si è basata sulla verifica dell'andamento complessivo dei risultati in ciascuna campagna e postazione e sul confronto con i dati di PM10 ottenuti da ARPAL negli stessi periodi su altre postazioni della rete di qualità dell'aria RQA della Spezia. In Appendice 5 sono riportati i dati di concentrazione di PM10 ottenuti nelle tre postazioni dedicate (i dati di ARPAL sono evidenziati in rosso chiaro).

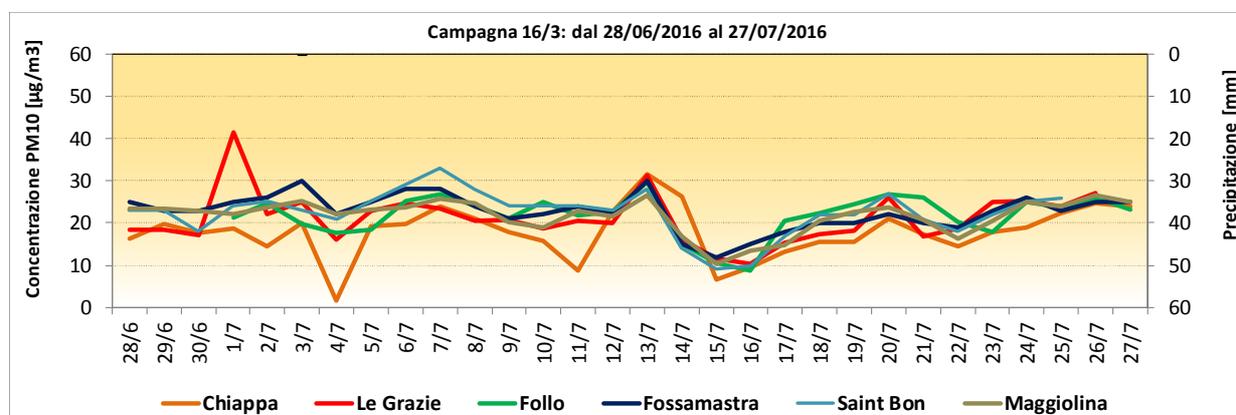
In secondo luogo, per le postazioni aggiuntive di Chiappa, Le Grazie e Follo, è stata eseguita un'analisi più approfondita, utilizzando il **test di Kolmogorov – Smirnov**: a tal scopo è stata valutata l'appartenenza alla stessa popolazione tra le due serie di dati costituite, una dai dati CESI, l'altra dai dati ARPAL. Più specificatamente nell'ambito del test si valutano l'ipotesi H_0 (nulla) "Le due serie di dati appartengono alla stessa popolazione", e l'ipotesi H_1 "Le serie di dati hanno caratteristiche diverse". Si determinano quindi il p_{value} e i valori di $D_{teorico}$, che dipende dalla numerosità dei dati, e di $D_{calcolato}$, che dipende dai dati delle serie analizzate. Quando p_{value} è maggiore di 5% e $D_{calcolato} < D_{teorico}$, si accetta l'ipotesi nulla, ovvero le due serie di dati sono compatibili e appartengono ad una stessa popolazione con medesima distribuzione.

I dati di ARPAL sono stati quindi separati da quelli di CESI e per ogni postazione è stato applicato il test di Kolmogorov – Smirnov, considerando i quattro periodi di monitoraggio separati (ciascuna campagna di misura). I risultati sono mostrati nella tabella seguente separatamente per ciascuna campagna di misura:

	Postazione	Dcalcolato	p Value	Dteorico	Le due popolazioni sono uguali?
P14 16/1	Chiappa	0,574	5%	0,614	SI
	Le Grazie	0,452	19%	0,612	SI
	Follo	0,429	24%	0,612	SI
P14 16/2	Chiappa	0,227	94%	0,626	SI
	Le Grazie	0,439	24%	0,626	SI
	Follo	0,394	36%	0,626	SI
P14 16/3	Chiappa	0,667	1%	0,621	NO
	Le Grazie	0,659	2%	0,623	NO
	Follo	0,333	58%	0,626	SI
P14 16/4	Chiappa	0,690	1%	0,610	NO
	Le Grazie	0,375	41%	0,621	SI
	Follo	0,574	5%	0,614	SI

I casi in cui le due popolazioni di dati non sono considerati uguali secondo il test sono quelli relativi a Chiappa e Le Grazie nella campagna estiva **P14 16/3** e a Chiappa nella **P14 16/4**.

Al fine di valutare le eventuali correlazioni tra le tre postazioni di monitoraggio CESI e le postazioni ARPAL della RQA, il grafico riportato qui di seguito evidenzia che le serie temporali di PM10 sono molto simili tra le varie postazioni, fatto salvo 3 eventi particolari già discussi in precedenza (cap. 6).



Una probabile motivazione quindi potrebbe essere legata ad anomalia esterna, in particolare meteorologica: intorno alla metà del mese, infatti si è avuta una discesa di un'area depressionaria sul Mediterraneo centro-occidentale che ha determinato ingresso di aria più fredda e instabilizzazione dell'atmosfera, crollo di pressione e temperatura e conseguenti temporali e venti più forti: tali fenomeni meteorologici hanno determinato una diminuzione repentina di concentrazione del PM10 in tutte le postazioni che è avvenuta contestualmente all'inizio della gestione dei filtri da parte di ARPAL.

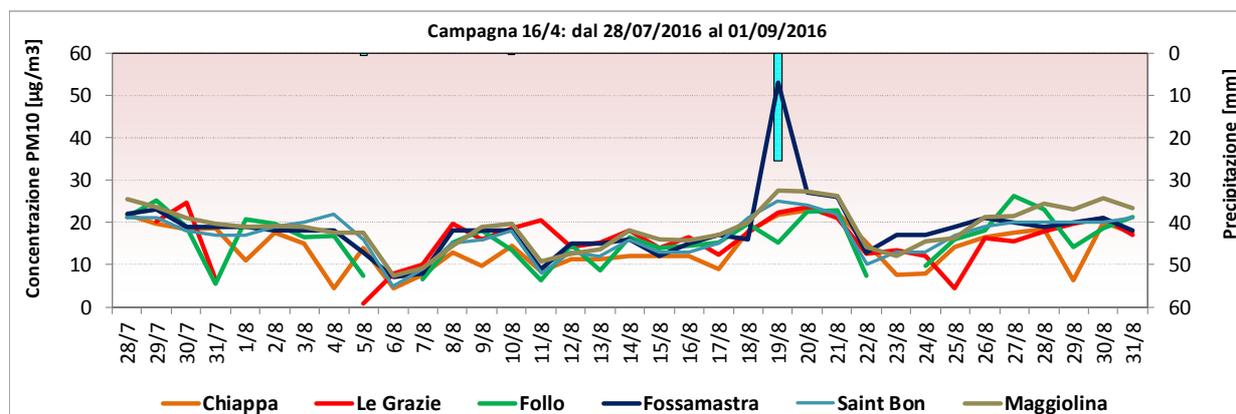
Tale motivazione è stata confermata effettuando per la postazione di RQA della Spezia di Fossamastra il **test di Kolmogorov – Smirnov** come se ci trovassimo di

fronte a due serie di dati eseguiti da laboratori diversi. A tal scopo è stata valutata l'appartenenza alla stessa popolazione tra le due serie di dati costituite, una dai dati ARPAL corrispondenti alle stese date in cui nel test precedente la determinazione era stata effettuata da CESI, l'altra dai dati ARPAL. Il test ha dato anche in questo caso esito negativo, come si può vedere dalla tabella sottostante.

	Postazione	Dcalcolato	p Value	Dteorico	Le due popolazioni sono uguali?
P14 16/3	Fossamastra	0,792	0%	0,621	NO

Questo conferma che l'appartenenza dei dati a due diverse popolazioni non è dovuta a un cambio di laboratorio ma al fenomeno di carattere meteorologico sopradescritto, esterno quindi alla catena di misura.

Considerazioni analoghe alle precedenti valgono anche per il caso di Chiappa durante la campagna P14 16/4. Dalla figura seguente, dove si riporta l'andamento temporale delle postazioni di monitoraggio CESI e delle postazioni della RQA ARPAL, si nota che il periodo delle misure di ARPAL (11-16 agosto) è caratterizzato da concentrazioni di PM10 basse per tutte le postazioni e l'andamento di Chiappa non si discosta da quello delle altre.



Si è deciso quindi di effettuare il test di Kolmogorov – Smirnov sul set di dati complessivo considerando, per ciascuna stazione, la totalità del periodo di monitoraggio in modo da avere una statistica più ampia. Si sono pertanto esaminati i campioni di ARPAL e di CESI come uniche serie di dati suddivisi per postazione. Nella tabella seguente sono illustrati i risultati relativi all'insieme delle 4 campagne del 2016:

	Postazione	Dcalcolato	p Value	Dteorico	Le due popolazioni sono uguali?
Tutte le campagne	Chiappa	0,230	22%	0,309	SI
	Le Grazie	0,204	36%	0,310	SI
	Follo	0,130	88%	0,309	SI

Il test mostra che per le postazioni di Chiappa, Le Grazie e Follo, le popolazioni e cioè i valori misurati da ARPAL e CESI sono caratterizzate dalla medesima distribuzione. I criteri di accettabilità dell'ipotesi H_0 sono infatti pienamente soddisfatti: i valori di p_{Value} risultano superiori al 5% e i valori di $D_{calcolato}$ inferiori a $D_{teorico}$.

CONCLUSIONE

Il test statistico considerando i quattro periodi di monitoraggio separati, ha evidenziato che i dati di ARPAL e CESI appartengono ad una stessa popolazione eccetto che per i dati di Chiappa e Le Grazie nella **P14 16/3** e Chiappa nella **P14 16/4**; tali dati però sono risultati abbastanza ben correlati con le altre postazioni della RQA e il test statistico evidenziava esito negativo per motivazioni esterne dovute ad eventi meteorologici.

Si è deciso quindi di esaminare i campioni di ARPAL e di CESI come uniche serie di dati suddivisi per postazione, nella totalità delle quattro campagne del 2016: il test ha confermato che le popolazioni sono caratterizzate dalla medesima distribuzione.

Pertanto i dati di PM10 ottenuti da CESI nelle tre postazioni integrative possono considerarsi validi ai fini del presente studio.

ALLEGATO 1

PROTOCOLLO DI ATTUAZIONE DELLE PRESCRIZIONI 14 E 18

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107





Città della Spezia

DIPARTIMENTO II - TERRITORIO E
POLITICHE AMBIENTALI
C.d.R. AMBIENTE
(tel. 0187/727406 - 369 - 346 fax 0187/778230)

Prot. 55398



LI 10 GIU. 2014

Oggetto: Verbale riunione per attuazione prescrizioni 14 e 18 del parere istruttoria A.I.A. termocentrale ENEL della Spezia

Al Comune di ARCOLA
Area Ambiente
P. Muccini 1 Arcola (SP)

Alla Provincia Area Ambiente
V. Vittorio Veneto 2 La Spezia

→ All'ARPAL Dipartimento Provinciale
V. Fontevivo 21 La Spezia

All'ENEL Produzione
V. Valdilocchi 32 La Spezia

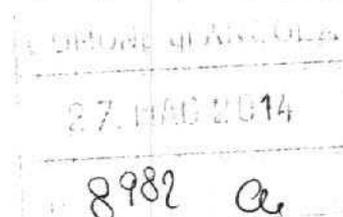
Avendo acquisito tutte le sottoscrizioni, si trasmette copia del verbale in oggetto.
Ad ENEL si invia duplice copia, affinché, se ritenuto necessario, ne faccia pervenire una a

CESI

IL FUNZIONARIO
Dr. Lanfranco Biso

**VERBALE RIUNIONE COMUNE DI LA SPEZIA - COMUNE DI ARCOLA - PROVINCIA DI LA SPEZIA -
ARPA LIGURIA Dipartimento di La Spezia - ENEL - CESI SU PROTOCOLLI DI ATTUAZIONE
PRESCRIZIONI 14 E 18 DEL PARERE ISTRUTTORIO COMMISSIONE IPPC CONTENUTO IN AIA DELLA
CENTRALE ENEL "EUGENIO MONTALE" DI LA SPEZIA ED AVANZAMENTO ATTIVITÀ RQA**

La Spezia, 16/04/2014



Presso il Comune di La Spezia, in Piazza Europa n. 1, sono presenti:

Per Comune di La Spezia: D. Natale, C. Canneti, L. Niggi, L. Biso, S. Masetti

Per Comune di Arcola: S. Parodi

Per Provincia di La Spezia: R. Serafini, S. Angelini

Per ARPAL, Dipartimento di La Spezia: F. Colonna, G. Leveratto

Per ENEL: V. Moro, L. Guarino, M. Muzzi,

Per CESI: M. Maspero

PARTE 1

Nel corso della riunione vengono esaminati e discussi le prescrizioni 14 e 18 contenute nel paragrafo 10 del parere della Commissione Istruttoria IPPC, parte integrante della Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) per l'esercizio della centrale ENEL "Eugenio Montale" di La Spezia rilasciata con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 06/09/2013, prot. 0000244.

ARPAL, presenta i protocolli di attuazione delle citate prescrizioni, contenuti negli Allegati 1 e 2 del presente verbale, congiuntamente con CESI, incaricato dal Gestore di condurre, insieme ad ARPAL, i monitoraggi previsti dalle prescrizioni,

Gli Enti Locali presenti approvano i protocolli di attuazione con le seguenti modifiche:

Per quanto attiene la prescrizione n. 14, viene aggiunta una postazione di monitoraggio sul territorio del Comune di Arcola in località Baccano; il Comune di Arcola si impegna ad individuare una postazione idonea alla collocazione dei deposimetri;

Il monitoraggio con deposimetri nella zona di Via del Canaletto sarà effettuato in concomitanza alla campagna con mezzo mobile;

Per la prescrizione n. 18, si conviene di aggiungere una postazione di deposimetri in corrispondenza del diffusore a mare di Enel.

Arpal richiede al Comune che vengano forniti i dati relativi al traffico urbano, inoltre rileva la necessità di acquisire i dati relativi al traffico portuale.

PARTE 2

Nel corso dell'incontro vengono esaminate anche le problematiche legate alla ROA e SME e le parti interessate concordano che:

Per quanto riguarda la ROA, Enel si impegna a sistemare ed attivare le stazioni di monitoraggio localizzate a Pitelli ed a Sarzana entro l'estate e di provvedere con la stessa tempistica a definire la localizzazione della stazione di Follo;

di mantenere in servizio anche la stazione posta in loc. S. Venerio (attualmente in servizio ma con richiesta di spostamento da parte del parroco) quanto meno finché non sarà ripristinata la stazione di Pitelli;

Enel a seguito di richiesta avanzata dalla Provincia, estenderà anche ad Arpal ed al Comune della Spezia la visualizzazione dei dati in tempo reale dello SME che registra i dati delle emissioni in atmosfera a camino della Centrale.

Letto, approvato e sottoscritto.

*[Handwritten signatures: Roberto Basso, Giuseppe Basso, *P. Basso, Felice Basso, Roberto Basso]*

Allegati:
Allegato 1 - Protocollo di attuazione della prescrizione 14
Allegato 2 - Protocollo di attuazione della prescrizione 18

[Handwritten signatures: L. Marino, V. Basso, P. Basso, S. Basso, P. Basso]

Protocollo di attuazione della prescrizione 14

1 PREMESSA

La Centrale ENEL Eugenio Montale di La Spezia ha ricevuto l'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) per il suo esercizio con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 06/09/2013 (prot. 0000244). Nel parere della Commissione Istruttoria IPPC parte integrante della AIA, nel paragrafo 10 sono contenute una serie di prescrizioni. Nel presente protocollo di attuazione è presa in considerazione la prescrizione 14 del parere della Commissione Istruttoria IPPC che prevede:

"Si prescrive l'implementazione di campagne annuali di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche, da realizzarsi con ARPAL e Amministrazione Comunale, per il dosaggio di metalli (As, Pb, Cd, Ni, V, Cu, Cr, Mn, Hg e Tl), IPA cancerogeni, diossine e furani e PCB, con particolare riferimento a dioxin-like. Anche garantendo la piena collaborazione con Enti Locali ed ARPAL per l'attualizzazione dell'esistente PRQA".

Il Gestore, ai fini dell'ottemperanza alla prescrizione di cui sopra, si avvale del supporto di CESI. Nel seguito sono descritte in dettaglio le attività definite d'intesa con ARPAL Dipartimento della Spezia. Tutti i monitoraggi verranno effettuati in collaborazione e sotto la supervisione tecnica di ARPAL.

2 MODALITÀ DI ATTUAZIONE DELLA PRESCRIZIONE 14

Per l'attuazione della prescrizione 14, d'intesa con ARPAL, sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti:

- Definizione del numero e durata delle campagne annuali;
- Individuazione delle postazioni di monitoraggio, in funzione delle loro caratteristiche;
- Tipo di deposimetri da utilizzare nelle campagne in funzione dei parametri da monitorare;
- Parametri chimici da monitorare e modalità di suddivisione del lavoro analitico;
- Individuazione delle stazioni meteorologiche più adatte a descrivere le caratteristiche meteorologiche dei periodi di monitoraggio;
- Validazione dei dati;
- Modalità di elaborazione dei risultati analitici e meteorologici;
- Raccolta di dati ed informazioni sulle sorgenti presenti sul territorio da utilizzare per la stesura dei commenti e delle valutazioni dei monitoraggi.

Per il 2014, primo anno di attuazione dei monitoraggi e in assenza di dati pregressi, si utilizzerà un ampio protocollo sperimentale per ottenere un numero sufficiente di informazioni sulle caratteristiche delle deposizioni nel comprensorio di La Spezia in modo da poter orientare in maniera più mirata i successivi monitoraggi. I risultati dei monitoraggi verranno pertanto anche valutati per la ridefinizione dei punti di monitoraggio delle successive campagne.

2.1 Definizione del numero e durata delle "campagne annuali di monitoraggio"

Nel primo anno di applicazione della prescrizione 14, le previste "campagne annuali di monitoraggio" comprenderanno due congrui periodi di monitoraggio, uno in periodo estivo e uno in periodo invernale, al fine di includere i due periodi più significativi dal punto di vista meteorologico. In particolare, per l'anno 2014 si effettueranno campionamenti delle deposizioni atmosferiche anche durante il periodo di fermo per manutenzione della Centrale di La Spezia, previsto in maggio-giugno. Dopo il riavvio e la messa a regime della Centrale, i campionamenti delle deposizioni riprenderanno, effettuando due periodi di monitoraggio consecutivi, ciascuno della durata di circa un mese. Il prospetto seguente esemplifica il programma temporale di massima:

Fase	Date	Note
Fermata Centrale per manutenzione	5 maggio	
Campagna durante fermata centrale	20/05 – 19/06	
Riavvio previsto Centrale	30 giugno	
1° campagna estiva	07/07 – 06/08	
2° campagna estiva	06/08 – 05/09	

Il programma temporale sopra indicato potrà subire modifiche in funzione del prolungarsi o meno delle attività di manutenzione della Centrale.

La campagna invernale verrà programmata per gennaio-febbraio 2015.

Negli anni successivi, il programma delle campagne annuali potrà essere modificato in funzione dei risultati ottenuti.



2.2 Individuazione delle postazioni di monitoraggio

Il 27 marzo 2014 è stato condotto un sopralluogo congiunto ARPAL-ENEL presso le postazioni della RRQA gestita da ARPAL di La Spezia, comprendente le postazioni della ex-rete di monitoraggio di ENEL. Il sopralluogo ha avuto lo scopo di verificare la fattibilità tecnica dell'alloggiamento dei deposimetri necessari per effettuare i monitoraggi, nonché valutare la fattibilità del posizionamento dei deposimetri, in base alle caratteristiche tecniche e logistiche della postazione, tenendo presente anche i criteri generali di microscala e i possibili impedimenti dovuti ad ostacoli naturali o antropici, al fine di eseguire un campionamento rappresentativo.

L'individuazione, congiunta con ARPAL, delle postazioni in cui effettuare il monitoraggio è stata condotta con lo scopo di assicurare la massima rappresentatività delle misure. Nello specifico sono state individuate 7 postazioni in modo da includere, secondo la classificazione di ARPAL, almeno una postazione per tipologia significativa (fondo urbano e suburbano, traffico, industriale, ecc.).

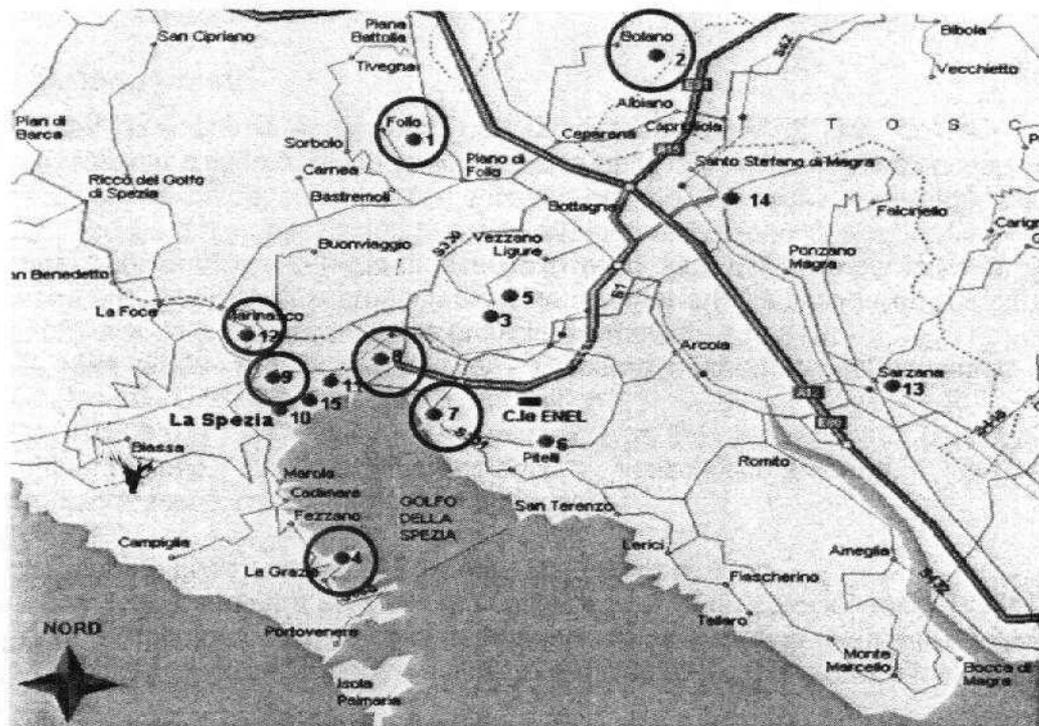
Nella tabella che segue sono indicate le postazioni individuate secondo i criteri sopra esposti e le integrazioni della attuale strumentazione per il rilevamento della qualità dell'aria:

Postazione	Tipologia ARPAL	Significatività per le deposizioni	Strumentazione esistente	Integrazione strumentazione meteo¹	Integrazione strumentazione qualità aria
Chiappa	Fondo suburbana	Postazione di "bianco"	NOx e O ₃	VV, DV 10 m, TA, UR, PA, PR	PM10 (campionamento su filtro per 24 ore)
Fossamastra	Industriale urbana	Deposizioni industriali, traffico, porto.	SO ₂ , NOx, PM10, PM2,5	-	(strumento per contare traffico)
Maggiolina	Fondo urbana	Fondo cittadino	SO ₂ , NOx, CO, O ₃ , PM10, PM2,5	-	-
Piazza San Bon	Traffico urbana	Traffico urbano	CO, NOx, Benzene, PM10	-	-
Le Grazie	(ex RRQA ENEL)	Deposizioni Industriali	SO ₂ , NOx	VV, DV 10 m, TA, UR, PA, PR, RN, RG	PM10 (campionamento su filtro per 24 ore)
Follo	(ex RRQA ENEL)	Deposizioni Industriali	-	VV, DV 10 m,	PM10 (campionamento su filtro per 24 ore)
Bolano (area verde nel centro storico)	(ex RRQA ENEL)	Deposizioni Industriali	SO ₂ , NOx, O ₃	VV, DV 10 m, TA, UR, PA, RG	-

Enel, d'intesa con ARPAL, ha previsto di integrare l'attuale dotazione strumentale delle postazioni individuate, aggiungendo la strumentazione necessaria per il rilevamento dei parametri meteorologici e del PM10, per il periodo temporale previsto per i monitoraggi. Nella figura

¹ VV, DV 10m=Velocità e Direzione Vento a 10 m da terra; TA=Temperatura Aria; UR=Umidità Aria; PA=Pressione Atmosferica; PR= Precipitazioni; RN=Radiazione Netta; RG=Radiazione Globale.

seguente sono indicate le postazioni che saranno utilizzate per il monitoraggio delle deposizioni:



1 - Follo	7 - Fossamastra	12 - La Chiappa
2 - Bolano	8 - Maggiolina	
4 - Le Grazie	9 - Saint Bon	

Ciascuna di queste postazioni sarà dotata di un deposimetro "bulk" di tipo "bottle + funnel" per la raccolta delle deposizioni destinate alle determinazioni di specie metalliche e di un deposimetro "bulk", sempre di tipo "bottle + funnel", adatto alla raccolta delle deposizioni destinate alle determinazioni di microinquinanti organici (IPA cancerogeni, diossine e furani e PCB *dioxin like*). Le caratteristiche dei deposimetri sono in accordo con la normativa vigente e sono tra quelli previsti dai metodi standard seguenti:

- UNI EN 15841:2009 "Ambient air quality - Standard method for determination of arsenic, cadmium, lead and nickel in atmospheric deposition";
- UNI EN 15980:2011 "Air quality - Determination of the deposition of benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, benzo[j]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a]pyrene, dibenz[a,h]anthracene and indeno[1,2,3-cd]pyrene".

I deposimetri saranno posizionati su pali a circa 180-200 cm da terra.

Di seguito sono elencate le predisposizioni logistiche per poter ubicare i deposimetri e la strumentazione integrativa indicata nella tabella precedente:

Postazione	Predisposizioni nelle postazioni
Chiappa	Recinzione per depobulk
Fossamastra	Predisposizione per ubicazione depobulk su tetto bypass
Le Grazie	Piattaforma per supporto strumenti e fissaggio palo meteo
Follo	Recinzione per depobulk- anche se si utilizza laboratorio mobile
Maggiolina	Nessun intervento necessario
Piazza San Bon	Recinzione per depobulk
Bolano (area verde nel centro storico)	Recinzione larga per controventi

Oltre alle postazioni di monitoraggio sopra indicate, ARPAL di La Spezia si riserva di utilizzare il mezzo mobile per il rilevamento della qualità dell'aria, di proprietà dell'Autorità Portuale, per effettuare rilievi nell'area di Marina di Canaletto, sia durante il periodo di fermo della Centrale sia in

quello di funzionamento dell'impianto. In tal caso, il mezzo mobile sarà dotato anche di deposimetri dello stesso tipo utilizzato nelle postazioni fisse.

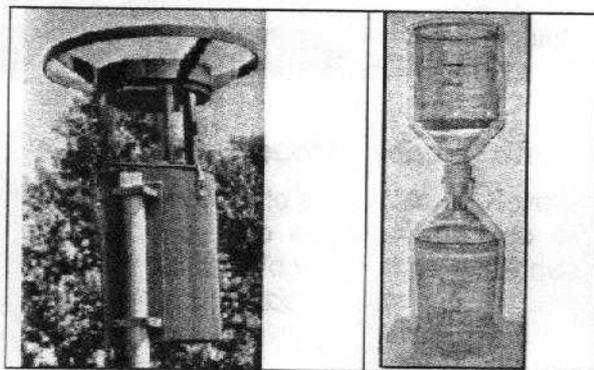
2.3 Tipi di deposimetri

Ciascuna delle postazioni sarà dotata di due deposimetri "bulk" di tipo "bottle + funnel" che raccolgono indistintamente la frazione umida e secca delle deposizioni atmosferiche (deposizione atmosferica integrale). Un deposimetro, con imbuto e bottiglia di raccolta in materiale plastico, sarà dedicato alla raccolta delle deposizioni destinate alle determinazioni di specie metalliche mentre un deposimetro, con imbuto e bottiglia di raccolta in vetro, sarà utilizzato per la determinazione di microinquinanti organici (IPA cancerogeni, diossine e furani e PCB *dioxin like*). Le caratteristiche dei deposimetri sono in accordo con quelle previste dai metodi:

- UNI EN 15841:2009 "Ambient air quality - Standard method for determination of arsenic, cadmium, lead and nickel in atmospheric deposition";
- UNI EN 15980:2011 "Air quality - Determination of the deposition of benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, benzo[j]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a]pyrene, dibenz[a,h]anthracene and indeno[1,2,3-cd]pyrene".

I deposimetri saranno posizionati su pali a circa 180-200 cm da terra.

Nella figura che segue, a destra è visibile la configurazione di un campionatore "bottle+funnel": la parte superiore è l'imbuto di raccolta delle deposizioni umide e secche mentre nella parte inferiore costituisce la bottiglia di raccolta mentre a sinistra è mostrato il campionatore in configurazione di prelievo:



2.4 Parametri chimici da monitorare nelle deposizioni, suddivisione del lavoro analitico e validazione dei dati

La prescrizione 14 indica esplicitamente i singoli metalli e più genericamente le classi di microinquinanti organici da monitorare nelle deposizioni.

I campioni di deposizione atmosferica integrale saranno opportunamente trattati per ottenere una fase solida su filtro ed una fase liquida. I microinquinanti metallici ed organici verranno determinati su entrambe le fasi ottenute nelle attività di laboratorio.

Per quanto riguarda gli IPA cancerogeni da monitorare, si determineranno prioritariamente i seguenti composti previsti dal metodo UNI EN 15841, mediante gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore a spettrometria di massa (HRGC/LRMS): benzo[a]antracene; benzo[b]fluorantene; benzo[j]fluorantene; benzo[k]fluorantene; benzo[a]pirene; dibenzo [a,h] antracene; indeno [1,2,3-cd] pirene.

A questi IPA, saranno aggiunti ulteriori idrocarburi policiclici aromatici di interesse al monitoraggio: fenantrene, antracene, fluorantene, pirene, crisene, benzo(e)pirene, benzo(ghi)perilene, dibenzo[a,e]pirene, dibenzo[a,i]pirene, dibenzo[a,h]pirene, dibenzo[a,l]pirene.

Per quanto riguarda policlorodibenzodiossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e PCB dioxin like (DL), verranno determinati i composti per i quali è stato stabilito internazionalmente un fattore di tossicità.

Le attività analitiche saranno così suddivise:

- preparazione dei campioni di deposizioni per la determinazione di metalli e composti organici: congiuntamente tra ARPAL e CESI, con procedura concordata dai rispettivi tecnici di laboratorio;
- analisi di PCDD/F, PCB DL, IPA: ARPAL;
- analisi dei metalli: CESI.

ARPAL validerà i risultati delle analisi dei campioni analizzati a cura di CESI (metalli) eseguendo analisi in replicato sul 10-20% dei campioni raccolti durante le campagne.

Per ciascun deposimetro, verrà inoltre determinata l'entità della deposizione di particolato sedimentabile insolubile in acqua (analisi gravimetrica) e di fase acquosa (precipitazione umida), se presente.

I tecnici individuati da ARPAL e CESI si riuniranno periodicamente per l'esame dei risultati ottenuti dai monitoraggi e valuteranno gli esiti delle modalità di validazione dei dati.

2.5 Analisi integrative

Oltre ai parametri sopra indicati, nella fase acquosa dei deposimetri verranno determinate le seguenti specie ioniche: Na, K, Ca, Mg, NH₄, SO₄, NO₃, Cl.

Nelle tre postazioni in cui verranno installati i campionatori integrativi di PM10 (Chiappa, Le Grazie e Follo), su un numero selezionato di campioni, scelti congiuntamente da ARPAL e CESI in base a criteri meteorologici, verranno determinati metalli, EC, OC e levoglucosano per la valutazione preliminare della incidenza di eventuali altre sorgenti che insistono sul territorio in esame. In base ai risultati preliminari, saranno valutati i parametri chimici più significativi per la individuazione di ulteriori sorgenti.

2.6 Individuazione delle stazioni meteorologiche di riferimento

Le postazioni meteorologiche di Comune, Porto Lotti e Monte Beverone verranno utilizzate come riferimento per le condizioni meteorologiche durante il periodo delle campagne. I dati delle postazioni di riferimento saranno confrontati e/o integrati da quelli delle postazioni meteorologiche installate nelle postazioni di monitoraggio (v. tabella sopra).

2.7 Elaborazione dei risultati analitici e meteorologici.

I tecnici individuati da ARPAL e CESI si riuniranno per stabilire le modalità di elaborazione dei risultati dei monitoraggi dei microinquinanti e di quelli meteorologici. Le elaborazioni numeriche successive saranno condotte congiuntamente tra gli enti coinvolti nella attività di monitoraggio e presentati in un rapporto conclusivo.

2.8 Raccolta di dati ed informazioni sulle sorgenti presenti sul territorio

Saranno raccolti presso gli Enti territoriali competenti dati ed informazioni utili a consentire di valutare l'entità di altre significative sorgenti presenti nel comprensorio di La Spezia, in particolare:

- Entità del traffico su ruota, con particolare riferimento alla zona di Fossamastra;
- Entità del traffico navale nel porto di La Spezia;
- Incidenza della combustione di biomasse sulla qualità dell'aria.

Protocollo di attuazione della prescrizione 18

1 PREMESSA

La Centrale ENEL Eugenio Montale di La Spezia ha ottenuto l'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 06/09/2013 (prot. 0000244). Nel parere della Commissione Istruttoria IPPC parte integrante della AIA, nel paragrafo 10 sono contenute una serie di prescrizioni. Nel presente documento è presa in considerazione la **prescrizione 18** che prevede:

"Considerata l'importanza delle attività di scarico, movimentazione, stoccaggio e manipolazione del carbone quale sorgente di inquinamento è auspicabile una verifica dell'efficacia delle iniziative adottate che consenta alle Autorità locali competenti un corretta gestione dei rischi per la salute. Si prescrive pertanto al Gestore, d'intesa con ARPAL e Amministrazione comunale, l'attivazione di periodiche campagne di monitoraggio che, anche adottando tecniche di source apportionment, analizzino le deposizioni atmosferiche nelle aree prospicienti gli impianti in relazione alle potenziali sorgenti".

Il Gestore ha incaricato CESI di eseguire i monitoraggi ambientali previsti dalla prescrizione. Nel seguito sono descritte in dettaglio le attività definite d'intesa con ARPAL Dipartimento della Spezia. Tutti i monitoraggi verranno effettuati in collaborazione e sotto la supervisione tecnica di ARPAL.

2 MODALITÀ DI ATTUAZIONE DELLA PRESCRIZIONE 18

Per l'attuazione della prescrizione 18, ARPAL e CESI hanno preso in considerazione i seguenti aspetti:

- individuazione delle postazioni di monitoraggio "nelle aree prospicienti gli impianti";
- definizione della periodicità delle campagne di monitoraggio;
- tipo di deposimetri da utilizzare nelle campagne di monitoraggio;
- parametri da monitorare nelle deposizioni atmosferiche;
- Individuazione della stazione meteorologica più adatta a descrivere le caratteristiche meteorologiche dei periodi di monitoraggio;
- Validazioni dei dati;
- Elaborazione dei risultati analitici e meteorologici.

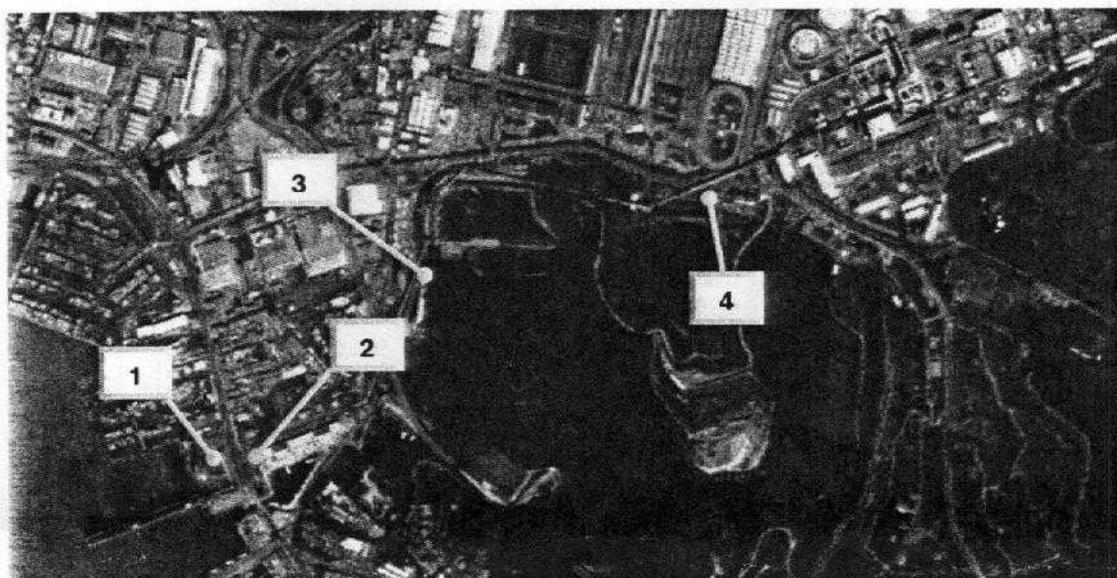
Per il 2014, primo anno di attuazione dei monitoraggi e in assenza di dati pregressi, si utilizzerà un ampio protocollo sperimentale per ottenere un numero sufficiente di informazioni sulle caratteristiche delle deposizioni atmosferiche riferibili all'utilizzo del carbone nella Centrale di La Spezia. I risultati dei monitoraggi verranno valutati congiuntamente da ARPAL e CESI per l'adozione di eventuali azioni correttive o la ridefinizione dei punti di monitoraggio.

2.1 Individuazione delle postazioni di monitoraggio "nelle aree prospicienti gli impianti"

In accordo con ARPAL, sono state individuate le aree inserite nella tabella seguente come quelle interessate alle attività di scarico, movimentazione, stoccaggio e manipolazione del carbone, seguendo il percorso del carbone dallo scarico delle navi alla banchina ENEL alla Centrale "Eugenio Montale":

Operazione	Area	Rif. in figura
Scarico del carbone da navi	Banchina ENEL	1
Scarico del carbone da navi e emissioni da Torre T2	Area "bypass", prospiciente la banchina ENEL	2
Trasporto del carbone dalla banchina al carbonile e emissioni di polveri dal carbonile	Area prospiciente la Torre 4	3
Trasporto del carbone dalla banchina al carbonile emissioni di polveri dal carbonile	Area tra Torre 7 e Centrale	4

Le postazioni sono indicate nella figura che segue:



Tali aree sono state visionate il 27 marzo 2014, durante il sopralluogo presso le postazioni della RRQA di La Spezia e considerate idonee da ARPAL, in quanto non presentano ostacoli od impedimenti che possano influire sulla rappresentatività delle deposizioni. A queste aree, sarà aggiunta una postazione di monitoraggio presso il "Terminal Ravano", a cura di ARPAL, o utilizzato il periodo di monitoraggio nell'area di Marina di Canaletto, sempre a cura di ARPAL, per avere indicazioni sul valore di fondo dovuto alle attività portuali.

Oltre alle deposizioni atmosferiche previste dalla prescrizione 18, saranno monitorate anche le polveri totali sospese (PTS), le più rappresentative visivamente della polverosità. Le postazioni saranno quindi attrezzate con la strumentazione indicata nella tabella seguente:

Rif. in figura	Postazione	Significatività per le deposizioni	Deposimetri	Strumentazione meteo ¹	Strumentazione qualità aria
1	Banchina ENEL	Scarico del carbone da navi	bulk per inorganici	VV e DV 10m, TA, UR, PA, PR	PTS (ARPAL)-
2	Area "bypass", prospiciente la banchina ENEL	Scarico del carbone da navi e emissioni da Torre T2	bulk per inorganici	-	PTS Skypost (CESI)
3	Area prospiciente la Torre 4	Trasporto del carbone dalla banchina al carbonile e emissioni di polveri dal carbonile	bulk per inorganici	-	PTS Skypost (CESI)
4	Area tra Torre 7 e Centrale	Trasporto del carbone dalla banchina al carbonile emissioni di polveri dal carbonile	bulk per inorganici	VV e DV 10m	PTS Skypost (CESI)

¹ VV e DV a 10m= Velocità e Direzione del Vento a 10 m; TA=Temperatura Aria; UR=Umidità Aria; PA=Pressione Atmosferica; PR= Precipitazioni.

2.2 Periodicità delle campagne di monitoraggio

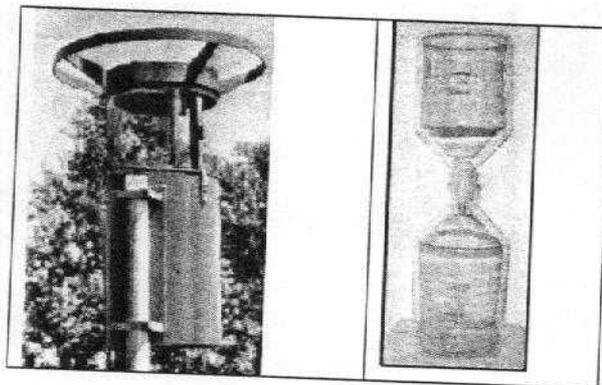
Le attività di monitoraggio della prescrizione 18 saranno cadenzate in relazione alle attività di scarico dalla nave al carbonile e/o di trasporto dal carbonile alla Centrale e sarà condotto un periodo di monitoraggio all'anno., sulla scorta del lavoro già effettuato nel 2012. Per il 2014 sarà effettuato un periodo di monitoraggio di un mese durante la fermata programmata del gruppo 3 (presumibilmente dal 20 maggio al 19 giugno) per acquisire i valori di fondo della zona. Dopo il riavvio del gruppo 3 a carbone (presumibilmente dal 30 giugno) e alla conseguente ripresa della movimentazione del carbone, sarà predisposto congiuntamente da ARPAL e CESI, sentita ENEL, un programma temporale di massima per definire i periodi di interesse al monitoraggio. Il monitoraggio con la Centrale in esercizio avrà la durata massima di 2 mesi. Deposizioni atmosferiche e particolato PTS verranno pertanto prelevati in due distinte situazioni: "movimentazione" del carbone, che può variare in funzione della parte di impianto in funzione, e in assenza di movimentazione del carbone.

2.3 Tipi di deposimetri

Ciascuna delle postazioni di interesse alla prescrizione 18 sarà dotata di un deposimetro "bulk" di tipo "bottle + funnel" che raccoglie indistintamente la frazione umida e secca delle deposizioni atmosferiche (deposizione atmosferica integrale). Verranno utilizzati i deposimetri con imbuto e bottiglia di raccolta in materiale plastico.

I deposimetri saranno posizionati su pali a circa 180-200 cm da terra.

Nella figura che segue, a destra è visibile la configurazione di un campionatore "bottle+funnel": la parte superiore è l'imbuto di raccolta delle deposizioni umide e secche mentre nella parte inferiore costituisce la bottiglia di raccolta mentre a sinistra è mostrato il campionatore in configurazione di prelievo:



2.4 Parametri da monitorare nelle deposizioni atmosferiche

Nelle deposizioni atmosferiche raccolte, si procederà alla determinazione dei seguenti parametri:

- volume di acqua raccolta, se presente;
- peso delle polveri insolubili in acqua, per la valutazione della entità del rateo di deposizione, tramite filtrazione della deposizione integrale o lisciviazione della deposizione secca in assenza di precipitazioni;
- sul materiale raccolto su filtri, si effettueranno:
 - o indagini in microscopia a scansione elettronica (SEM) per la valutazione delle particelle di carbone;
 - o analisi del contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC). La somma dei due fornirà il carbonio totale (TC);
 - o determinazione di elementi metallici in analogia a quelli analizzati nelle deposizioni atmosferiche.

Lo stesso protocollo analitico sarà applicato ai campioni di particolato PTS raccolti su filtro.

Tutte le attività analitiche (preparazione campioni, analisi chimiche, ecc.) saranno effettuate da CESI con procedura concordata con ARPAL.

ARPAL validerà i risultati delle analisi dei campioni analizzati a cura di CESI (metalli, EC e OC) eseguendo analisi in replicato sul 10-20% dei campioni raccolti durante le campagne.

2.5 Individuazione delle stazioni meteorologiche di riferimento

Le postazioni meteorologiche di Comune, Porto Lotti e Monte Beverone verranno utilizzate come riferimento per le condizioni meteorologiche durante il periodo delle campagne. I dati delle postazioni di riferimento saranno confrontati e/o integrati da quelli delle postazioni meteorologiche installate nelle postazioni di monitoraggio (v. tabella sopra).

2.6 Elaborazione dei risultati analitici, meteorologici ed applicazioni di tecniche di *source apportionment*.

I tecnici di ARPAL e CESI si riuniranno per stabilire le modalità di elaborazione statistica dei risultati dei monitoraggi dei microinquinanti e di quelli meteorologici. Le elaborazioni numeriche successive saranno condotte congiuntamente tra gli enti coinvolti nella attività di monitoraggio e presentati in un rapporto conclusivo.

Per quanto riguarda l'applicazione delle consuete tecniche di *source apportionment* (CMB8, PMF, ecc.), dato che esse vengono applicate normalmente ad un congruo numero di campioni di particolato aerodisperso di granulometria fine e molto raramente a deposizioni di particolato sedimentabile grossolano, verranno preferibilmente impiegate tecniche alternative che integrino parametri chimici e meteorologici per la valutazione delle relazioni tra direzioni prevalenti dei venti e potenziali sorgenti della movimentazione del carbone.

Preg.mi

COMUNE DI ARCOLA
comune.arcola@legalmail.it

pc

**PROVINCIA DELLA SPEZIA –
Settore ambiente**
protocollo.provincia.laspezia@legalmail.it

REGIONE LIGURIA
Dipartimento Ambiente
protocollo@pec.regione.liguria.it

**COMUNE DELLA SPEZIA –
Dipartimento Territorio e politiche ambientali
Servizio Ambiente**
protocollo.comune.laspezia@legalmail.it

ASL N. 5 SPEZZINO – LA SPEZIA
protocollo.generale@pec.asl5.liguria.it

OGGETTO: – approfondimenti relativi alle particolarità riscontrate nelle deposizioni atmosferiche rilevate presso il sito di Baccano di Arcola.

In riferimento alla vostra nota nr. 8174 del 7/4/17 si trasmette in allegato il documento in oggetto che costituisce un allegato del “**Report monitoraggio prescrizione 14 - anno 2016**” effettuato in collaborazione con CESI, prescritto al par. 10.3.1 punto 14) dell’A.I.A.Soc. ENEL Produzione S.p.A. n. 244 del 06/09/2013.

Si comunica che il Report completo sarà a breve disponibile sul sito internet dell’Agenzia <http://www.arpal.gov.it>.

Il Direttore del Dipartimento Provinciale della Spezia

D.ssa Fabrizia Colonna

Il Dirigente Responsabile U.O Territorio: dott.ssa. F.Colonna
Il Dirigente Responsabile Settore Agenti Fisici-Inquinamento Atmosferico: dott.G.C. Leveratto
Estensore Provvedimento: dott. R.Cresta

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia
Tel. +39 0187 28141 - fax. +39 01872814230
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
fabrizia.colonna@arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



ALLEGATO 2

Approfondimenti relativi alla particolarità rilevata presso il sito di Baccano di Arcola

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



1 Introduzione

Nelle riunioni tra Provincia, Comune della Spezia, Comune di Arcola e ARPAL che hanno portato alla elaborazione del “Protocollo di attuazione della prescrizione 14” (cap. 1), è stato previsto di installare una postazione di campionamento delle deposizioni anche nel Comune di Arcola, interessato dalla presenza di una piccola porzione dell’area ENEL nel suo territorio anche se, secondo il modello diffusionale, non è interessato da ricadute. Pertanto si è deciso il posizionamento di una coppia di deposimetri (uno per la determinazione dei composti inorganici e l’altro per quella dei composti organici) ad Arcola nelle adiacenze del parcheggio esterno alla scuola comunale di **Baccano**, in quanto posizione ritenuta adatta allo scopo del monitoraggio. Nelle campagne del 2014, in questa postazione, le deposizioni di Pb sono risultate molto elevate, a differenza da tutte le altre postazioni e soprattutto durante la prima campagna estiva **P14 14/1**.

Sulle base dei primi risultati ottenuti, ARPAL ha provveduto ad effettuare agli inizi del 2015 la caratterizzazione del sito per verificare se si trattava di un inquinamento dovuto a risollevarimento di suolo inquinato. La zona di Baccano non presenta forti pressioni antropiche, trattandosi di una area residenziale adiacente, oltre alla citata scuola, a villette con orti e giardini, lontano dalle vie di traffico provinciali e dalla zona industriale ed è raggiungibile con una stretta strada comunale.

I risultati delle analisi sui campioni degli strati superficiali di terreno, prelevati nell’intorno della postazione di Baccano, secondo una griglia con maglia quadrata regolare di lato 50 m, per un totale di 10 campioni, non hanno evidenziato contaminazione da Piombo, escludendo quindi l’esistenza di correlazioni con i dati rilevati nelle polveri raccolte nei deposimetri.

Nel 2015, le deposizioni di Pb sono risultate ancora molto elevate e si è osservato un aumento progressivo del rateo di deposizione del metallo fino alla rilevazione di una elevata quantità nella seconda campagna estiva **P14 15/4**. Nel 2016 le deposizioni di Pb sono risultate in lieve decremento seppur sempre con elevati valori di concentrazione rispetto alle altre postazioni.

Ai fini di una più approfondita analisi della criticità rilevata si riporta di seguito un focus sulla postazione con analisi dei dati.

2 Sintesi dei risultati del monitoraggio fino al 2016

Per facilità di lettura, si riportano nel prospetto che segue i periodi delle campagne relative alla prescrizione 14:

Prescrizione 14		
Codifica	Data	Note
P14 14/0	23/05 – 16/06/14	Campagna di “bianco”
P14 14/1	07/07 – 06/08/14	Campagna di monitoraggio estiva
P14 14/2	06/08 – 09/09/14	Campagna di monitoraggio estiva
P14 15/1	19/01 – 19/02/15	Campagna di monitoraggio invernale
P14 15/2	19/02 – 24/03/15	Campagna di monitoraggio invernale
P14 15/3	17/06 – 17/07/15	Campagna di monitoraggio estiva
P14 15/4	17/07 – 26/08/15	Campagna di monitoraggio estiva
P14 16/1	26/02 – 30/03/16	Campagna di monitoraggio invernale
P14 16/2	30/03 – 27/04/16	Campagna di monitoraggio invernale
P14 16/3	28/06 – 28/07/16	Campagna di monitoraggio estiva
P14 16/4	28/07 – 01/09/16	Campagna di monitoraggio estiva

Tabella 1 - Sintesi delle campagne della prescrizione 14.

2.1 Ratei di deposizione delle polveri e entità precipitazioni

Nella figura che segue sono rappresentati i ratei di deposizione delle polveri negli anni e la piovosità; la postazione di Arcola è evidenziata in rosso rispetto alle altre postazioni ordinate in extra urbane (Bolano, Follo, Arcola, Le Grazie), fondo urbano (Chiappa), urbane (Maggiolina, Saint Bon, Fossamastra, Melara) che sono riportate solo ai fini del confronto.

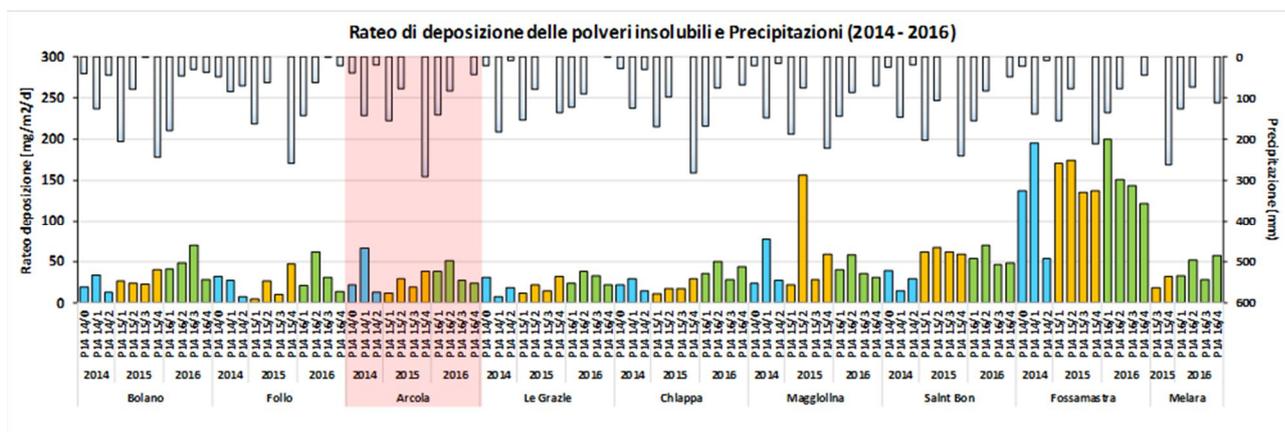


Figura 1 – Postazione di Arcola- Confronto dei ratei di deposizione di polveri delle campagne 2014-'16. E confronto con le altre stazioni. Le precipitazioni sono rappresentate con asse secondario invertito.

Di seguito sono riportati i valori medi stagionali di deposizione delle polveri ordinati dal punto di vista temporale in campagna di bianco (**campagna P14 14/0**) e **campagne estive e invernali** e dal punto di vista spaziale in postazioni urbane (Maggiolina, Saint Bon), fondo urbano (Chiappa), extraurbane (Le Grazie, Bolano, Follo). Sono state lasciate separate Fossamastra (v. testo) e Arcola, in quanto soggette a particolari pressioni locali.

	Campagna di Bianco	Estate	Inverno
	P14 14/0	P14 14/1-14/2-15/3-15/4-16/3-16/4	P14 15/1-15/2-16/1-16/2
	Media (mg/m ² /d)	Media ± Dev. St. (mg/m ² /d)	Media ± Dev. St. (mg/m ² /d)
P. Extra-urbane	26±6	27±16	30±15
P. Fondo Urbano	22	27±10	28±18
P. Urbane	32±11	41±18	61±37
Fossamastra	137	131±45	174±20
Arcola	22	33±16	31±19

Tabella 2 – Ratei di deposizione di polveri nelle diverse tipologie di postazione nel 2014-2016.

Per la postazione di Arcola, dalla figura e tabella precedenti, si rileva che:

- le deposizioni sono paragonabili a quelle rilevate per le stazioni extraurbane;
- la stagionalità non è evidente, in analogia alle altre stazioni extraurbane;
- la campagna di bianco presenta valori confrontabili con quelli rilevati nelle campagne 2014-2016;
- le deposizioni si collocano complessivamente ben al di sotto dei valori di riferimento adottati da alcune nazione europee e sono inquadrabili nella classe di polverosità “*praticamente assente*” secondo il rapporto finale del gruppo di lavoro della Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico del Ministero dell'Ambiente ¹.

Si può concludere quindi che dall'analisi della polverosità non si evidenzia un fenomeno locale.

2.2 Metalli nelle deposizioni di polveri

2.2.1 Ratei di deposizioni dei metalli nel triennio 2014-16

La figura seguente confronta i ratei di deposizioni dei metalli dal 2014 al 2016, nel corso delle campagne elencate nella Tabella 1, separati tra metalli presenti in tracce indicati con fondo scala 0,7 µg/m²/d e maggioritari indicati con fondo scala 70 µg/m²/d.

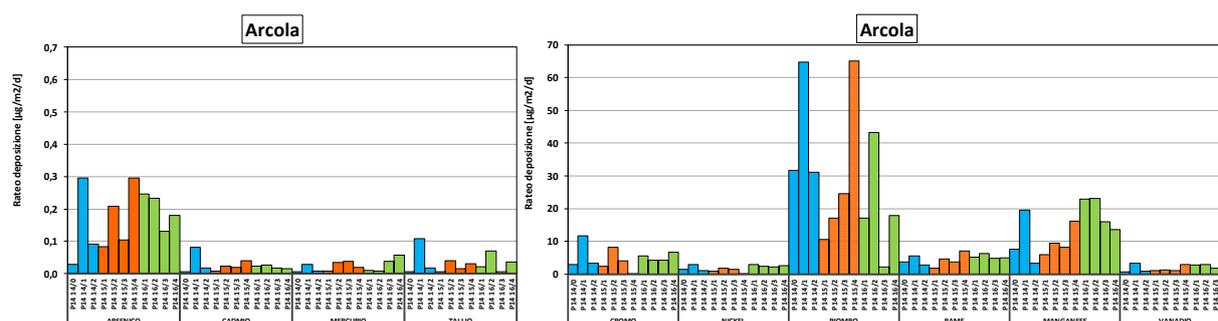


Figura 2 – Postazione di Arcola- Confronto delle deposizioni di metalli nelle campagne 2014-'16.

Per la postazione di Arcola dalla Figura 2 si rileva che le deposizioni di Pb sono elevate e nelle campagne del 2014 e del 2015 (vedi Report monitoraggio

¹ Si veda anche G. Settimo “Evoluzione storica e normativa delle deposizioni atmosferiche e stato dell'arte nazionale”, Seminario Depositioni atmosferiche, Brescia, 2014. Consultabile al sito: http://ita.arpalombardia.it/ITA/area_download/index

prescrizione 14 - anno 2015' prot. ARPAL nr. 11569 del 14/04/17) risultano superiori rispetto a quelle del 2016.

In Figura 3 si riportano, a titolo di esempio l'andamento delle deposizioni di metalli nelle campagne 2014-16 nella postazione di **Bolano** (postazione extraurbana caratterizzata dalla stessa polverosità media di Arcola), **Chiappa** (postazione di vero fondo urbano) e **Saint Bon** (postazione urbana con caratteristiche tipiche, senza fenomeni prevalenti).

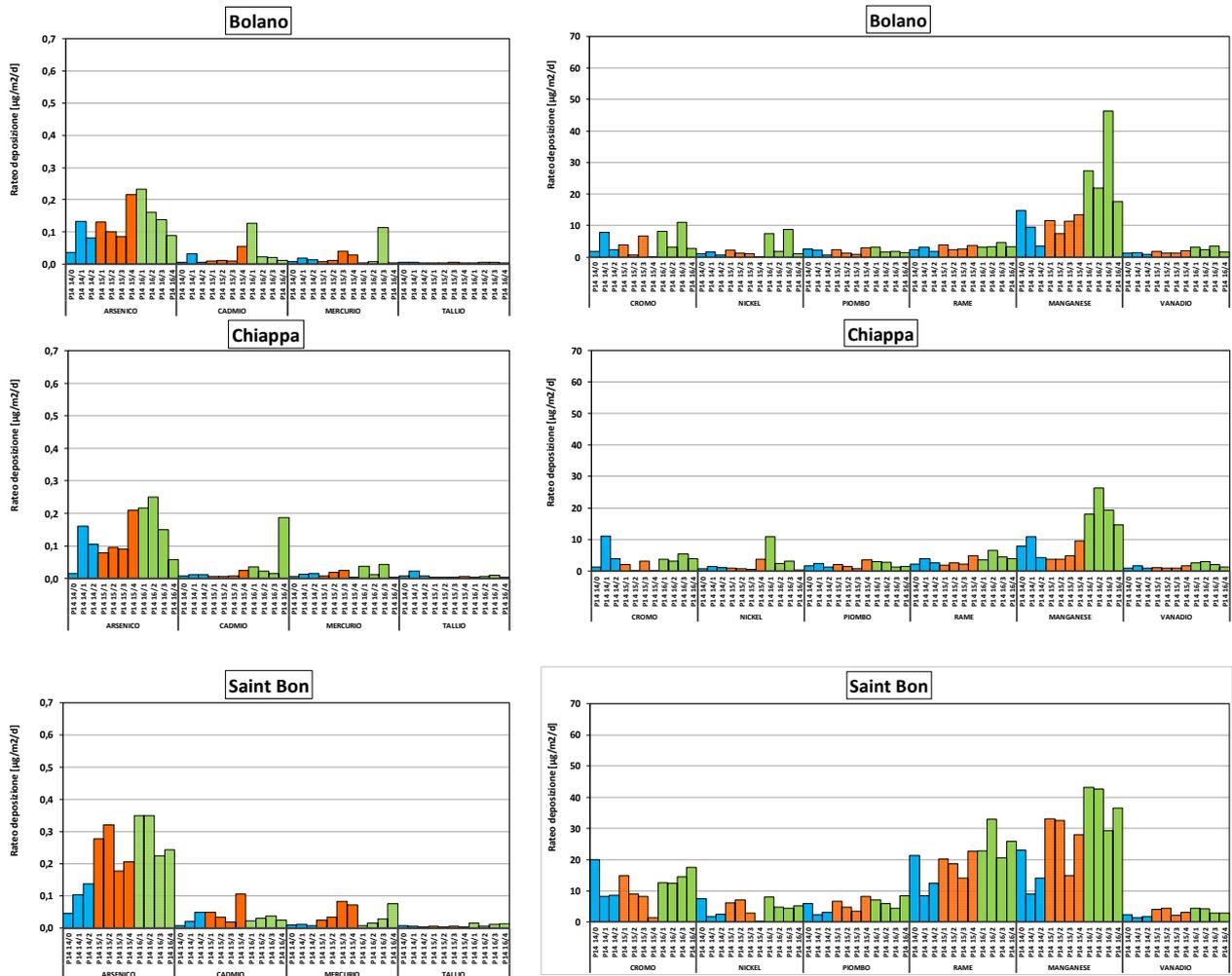


Figura 3– Postazione extraurbana (Bolano), di fondo (Chiappa) e urbana (Saint Bon) - Confronto delle deposizioni di metalli nelle campagne 2014-'16.

Dal confronto tra il rateo di deposizione di Piombo di Arcola di Figura 2 e quello di Bolano (postazione extraurbana), Saint Bon (urbana) e Chiappa (fondo urbano) riportato in Figura 3, risulta evidente l'anomalia del Piombo ad Arcola, con valori di deposizione estremamente variabili tra una campagna e l'altra, ma sempre molto elevati. Tale andamento non è rilevabile nelle altre postazioni ed evidenzia una criticità locale di Arcola.

Ai fini di una valutazione quantitativa della differenza tra rateo di deposizione dei metalli di Arcola e delle altre postazioni, di seguito sono riportati i valori medi stagionali con gli stessi criteri di ordinamento di Tabella 1 Tabella 2.

<i>Media ± Dev. St. ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$)</i>		As	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bianco	P. Extra-urbane	0,10	0,01	6,3	2,3	2,9	4,1	14,6	1,8
	P. Fondo Urbano	0,02	0,01	1,4	0,8	1,8	2,3	7,9	0,9
	P. Urbane	0,03	0,01	13,7	4,3	5,8	12,3	16,2	1,8
	Fossamastra	0,97	0,01	52,3	26,9	38,9	73,3	83,4	14,3
	Arcola	0,03	0,01	2,9	1,4	31,7	3,6	7,6	0,7
Estate	P. Extra-urbane	0,13±0,06	0,02±0,02	5,0±3,7	1,6±2,0	1,9±1,1	2,9±1,4	14,2±11,3	1,6±0,9
	P. Fondo Urbano	0,13±0,05	0,05±0,07	4,6±3,7	1,8±1,4	1,9±1,0	3,7±1,1	10,6±5,8	1,5±0,5
	P. Urbane	0,22±0,09	0,03±0,03	11,7±7,2	2,4±1,4	5,3±5,7	12,5±7,0	19,6±8,9	2,7±1,0
	Fossamastra	0,69±0,27	0,09±0,05	30,7±13,0	12,0±4,1	14,8±7,7	55,7±27,8	74,3±29,9	8,9±4,0
	Arcola	0,19±0,09	0,03±0,02	5,0±3,9	1,7±1,1	34,2±25,7	4,8±1,5	12,8±6,0	1,9±1,0
Inverno	P. Extra-urbane	0,15±0,07	0,02±0,03	3,3±2,3	2,6±1,9	2,2±0,8	3,9±2,9	13,7±9,4	1,9±1,0
	P. Fondo Urbano	0,16±0,09	0,02±0,01	2,3±1,6	3,8±4,8	2,3±0,7	3,7±2,1	13,0±11,2	1,9±1,0
	P. Urbane	0,34±0,13	0,04±0,02	11,0±4,9	4,8±1,9	5,6±1,2	15,9±8,3	32,4±10,7	3,9±1,1
	Fossamastra	0,93±0,15	0,08±0,02	28,3±9,7	19,0±4,0	17,0±4,6	49,2±6,2	106,3±40,0	11,3±3,1
	Arcola	0,19±0,08	0,02±0,01	5,1±2,4	2,0±0,9	22,0±14,5	4,5±1,9	15,4±9,0	1,9±1,0

Tabella 3 – Ratei di deposizione dei metalli nelle polveri nelle diverse tipologie di postazioni.

La tabella evidenzia che i valori di rateo di deposizione rilevato ad Arcola per tutti i metalli risulta analogo a quello delle postazioni extraurbane con una eccezione per il Piombo che presenta ratei di deposizione molto più elevati di tutti quelli delle altre tipologie di postazioni, compresa Fossamastra.

2.2.2 Correlazione tra ratei di deposizioni di polveri e di Piombo

La buona correlazione osservata generalmente tra metalli e polveri depositate nel monitoraggio della prescrizione 14 implica una composizione caratteristica di queste ultime, poco variabile nel corso delle campagne e quindi riferibile ad una omogeneità di sorgenti, tra cui potrebbe essere significativa quella di tipo crostale.

Correlando i ratei di deposizione delle **polveri sedimentabili** con il solo **Piombo**, si evidenzia che mentre esiste questa buona correlazione per tutte le postazioni, ad indicare una pressione temporalmente costante e spazialmente uniforme, ad Arcola si ha un rateo di deposizione di Piombo molto più elevato e variabile nel tempo, a fronte di un rateo di deposizione di polveri comparabile con quello delle altre postazioni. A titolo di esempio, la figura che segue riporta la correlazione per i campioni del 2016, in cui i quadrati in rosso evidenziano i campionamenti di Arcola non correlati con quelli delle altre postazioni.

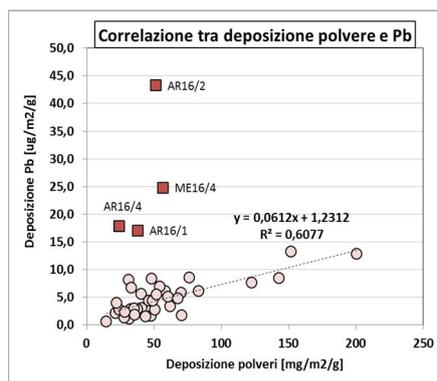
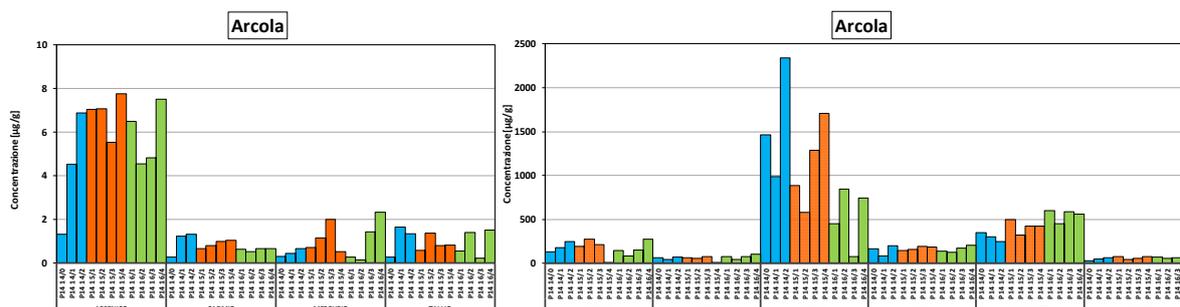


Figura 4 – Correlazioni tra deposizioni di polveri e Piombo nel 2016.

Ad Arcola la deposizione di Pb per le campagne **P14 16/1**, **16/2** e **16/4** non è correlata con quella delle polveri, come invece si riscontra in tutte le altre postazioni a significare un apporto antropico locale che non sembra essere presente nella campagna **P14 16/3**, l'unica campagna, fra l'altro, in cui non vi sono state precipitazioni. La deposizione di Pb nella campagna **P14 16/3** rientra bene infatti nella correlazione tra deposizione di polveri e di piombo esistente nelle altre postazioni così come la correlazione con tutti gli altri metalli, in quanto, come si è visto (v. par. 5.1), le polveri sedimentabili hanno una composizione molto simile in tutte le postazioni, ad eccezione appunto del Piombo nelle polveri di Arcola. Si può quindi dedurre che esiste una sorgente tipicamente locale, probabilmente anche estemporanea.

2.2.3 Concentrazioni di metalli nelle polveri depositate nel triennio 2014-16

Per valutare le possibili variazioni intervenute nella composizione delle polveri depositate durante le campagne di monitoraggio, si è proceduto al calcolo delle concentrazioni dei metalli maggioritari. Gli istogrammi seguenti mostrano appunto le **concentrazioni in µg/g** dei metalli nelle deposizioni raccolte nel corso delle campagne ad Arcola e, per confronto, a Bolano (extraurbana), Chiappa (fondo urbano) e Saint Bon (urbana):



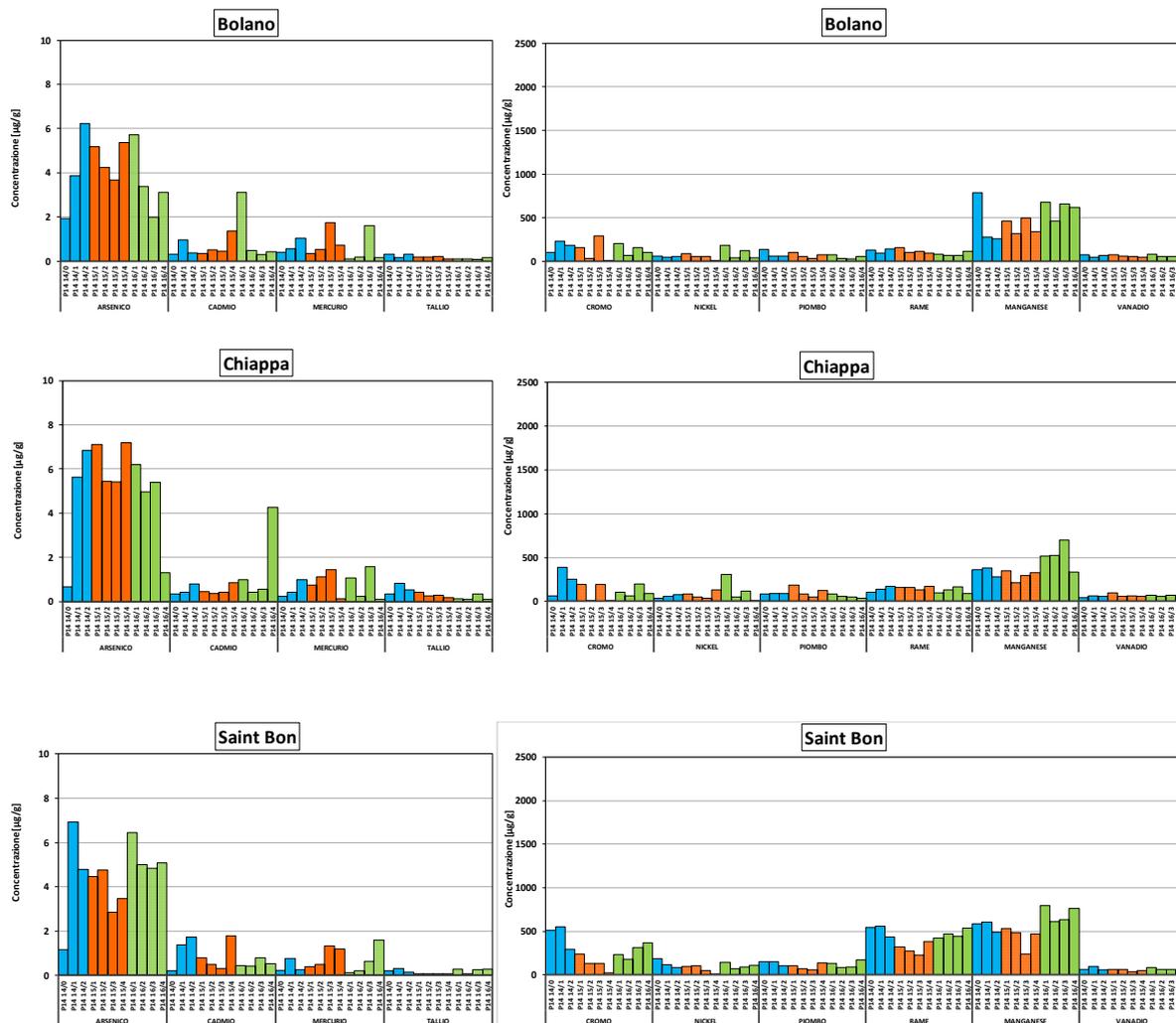


Figura 5– Confronto delle concentrazioni (µg/g) di metalli nelle campagne 2014-'16.

Dalla Figura 5 emerge che nella postazione di Arcola si è riscontrata una **concentrazione** di Pb costantemente alta, molto variabile nel tempo.

Ai fini di una valutazione quantitativa della differenza tra le concentrazioni medie di metalli di Arcola e delle altre postazioni, nella tabella che segue sono riportati i valori medi stagionali di Piombo e di tutti gli altri metalli con lo stesso ordinamento di Tabella 1.

	Media ± Dev. St. (µg/g)	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bianco	P. Extra-urbane	3,4	0,2	215	82	111	146	569	66
	P. Fondo Urbano	0,7	0,3	65	35	83	106	363	41
	P. Urbane	0,9	0,3	411	118	196	342	493	56
	Fossamastra	7,1	0,0	382	196	284	535	609	105
	Arcola	1,3	0,3	135	62	1465	166	349	32
Estate	P. Extra-urbane	5,2±1,6	0,8±0,4	246±167	63±38	85±49	123±36	516±204	67±19
	P. Fondo Urbano	5,3±2,1	1,2±1,5	187±134	72±47	74±34	146±31	388±158	58±14
	P. Urbane	5,9±2,6	0,8±0,4	323±169	67±34	128±99	327±139	506±173	71±23
	Fossamastra	5,3±1,3	0,7±0,3	242±86	93±22	113±45	424±171	556±151	67±17
	Arcola	6,2±1,4	1,0±0,3	178±96	62±35	1191±786	174±45	424±136	63±9
Inverno	P. Extra-urbane	5,4±1,5	0,8±0,7	120±67	98±59	97±56	136±74	452±148	72±19
	P. Fondo Urbano	6,0±0,9	0,6±0,3	93±77	123±126	102±56	138±28	399±149	71±18
	P. Urbane	6,0±1,8	0,7±0,5	217±123	88±32	112±47	283±114	586±199	73±20
	Fossamastra	5,3±0,3	0,5±0,2	163±56	109±15	99±28	287±59	604±181	65±18
	Arcola	6,3±1,2	0,7±0,1	176±82	62±14	691±211	141±15	468±118	62±16

Tabella 4 – Ratei di deposizione dei metalli nelle polveri nelle diverse tipologie di postazioni.

Dalla tabella precedente, si evidenzia ancora di più che Arcola ha concentrazioni di metalli analoghe a quelle delle postazioni extraurbane, con la sola eccezione di quella del Piombo che è sempre molto alta; inoltre, la elevata deviazione standard indica una dispersione dei dati significativa che è riferibile ad una pressione antropica puntuale e locale, ma non costante nel tempo. Per le altre postazioni le concentrazioni dei metalli compreso il Piombo risultano invece non soggette a variazioni significative legate alla stagione, al tempo e allo spazio indicando una ricaduta caratteristica del territorio spezzino.

2.3 Composti organici nelle deposizioni di polveri

2.3.1 Ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Le figure che seguono confrontano i tassi di deposizione di IPA totali e di Benzo(a)pirene di tutte le campagne effettuate fino al 2016 per la postazione di Arcola.

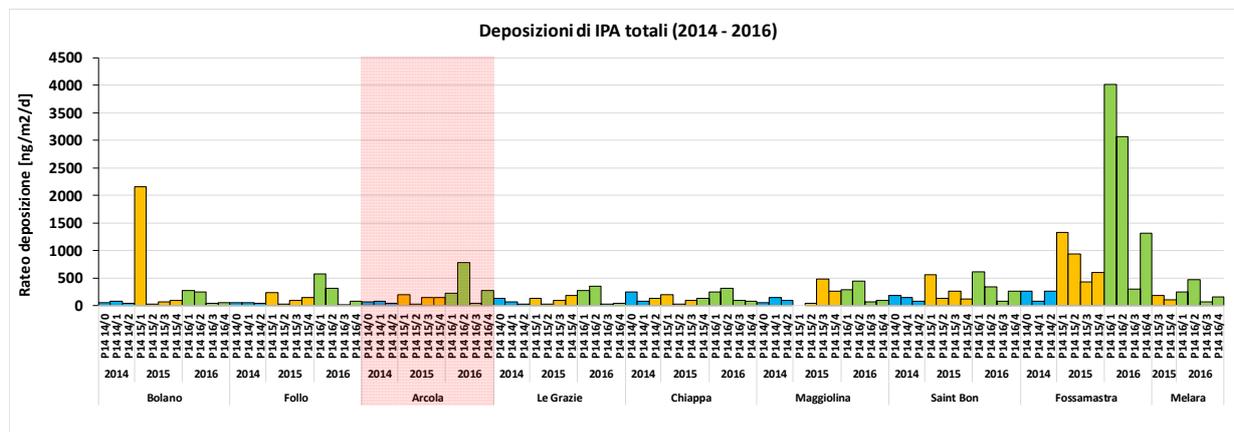


Figura 6– Deposizioni di IPA totali nelle campagne del 2014 e 2015.

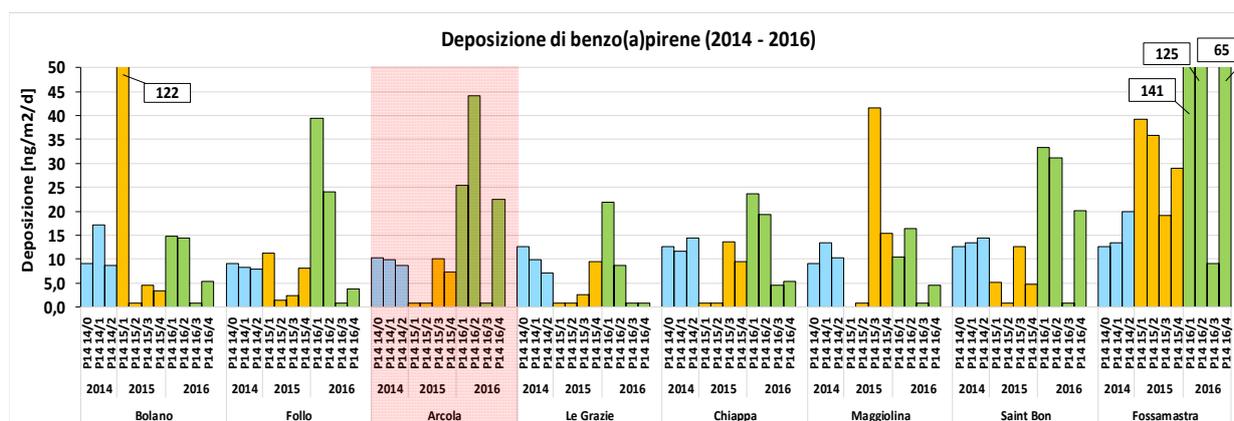


Figura 7– Deposizioni di BaP nelle campagne del 2014 e 2015.

Nella Tabella 5 sono riassunti i valori medi \pm 1 deviazione standard dei ratei di deposizione degli IPA totali e della norma UNI rilevati nelle postazioni, con lo stesso ordinamento di Tabella 1 e Tabella 2.

	<i>Media ± Dev. St. (ng/m²/d)</i>	Rateo degli IPA TOT	Rateo del B(a)P
Bianco	P. Extra-urbane	88	10
	P. Fondo Urbano	258	13
	P. Urbane	123	11
	Fossamastra	263	13
	Arcola	73	10
Estate	P. Extra-urbane	73±42	6±4
	P. Fondo Urbano	108±25	10±4
	P. Urbane	165±110	11±10
	Fossamastra	504±432	26±20
	Arcola	124±88	10±7
Inverno	P. Extra-urbane	231±166	13±12
	P. Fondo Urbano	199±121	11±12
	P. Urbane	355±191	14±13
	Fossamastra	2343±1453	85±56
	Arcola	307±327	18±21

Tabella 5 – Ratei di deposizione di IPA totali e di Benzopirene nelle polveri nelle diverse tipologie di postazioni.

Dalle figure e tabella precedente si evidenzia che la concentrazione di IPA totali è confrontabile a quella delle stazioni extraurbane salvo che per le campagne **P14 16/2** e **P14 16/4** dove è paragonabile alle deposizioni urbane.

Questa evidenza è particolare, in quanto la postazione ha un andamento di IPA, come di deposizioni di polveri, caratteristico delle aree extraurbane mentre solo nel caso di due campagne si ha un rateo di deposizione di IPA caratteristico delle aree urbane, anche se la pressione antropica dovuta alla urbanizzazione non lo giustifica e pertanto potrebbe essere dovuto alla stessa fonte che genera la criticità della alta presenza di Piombo nelle deposizioni.

Nel complesso si può affermare che non si evidenziano ratei di deposizioni di IPA superiori a quelli trovati in tutta l'area sottoposta a monitoraggio, anche se i due ratei più elevati sono probabilmente derivati dalla stessa pressione antropica sconosciuta che determina una elevata deposizione di Piombo, verosimilmente a causa di variazioni del processo o lavorazione utilizzato.

2.3.2 PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri

Di seguito sono confrontati graficamente i valori di deposizione di PCDD/F e PCB nei diversi anni di monitoraggio effettuati fino ad ora:

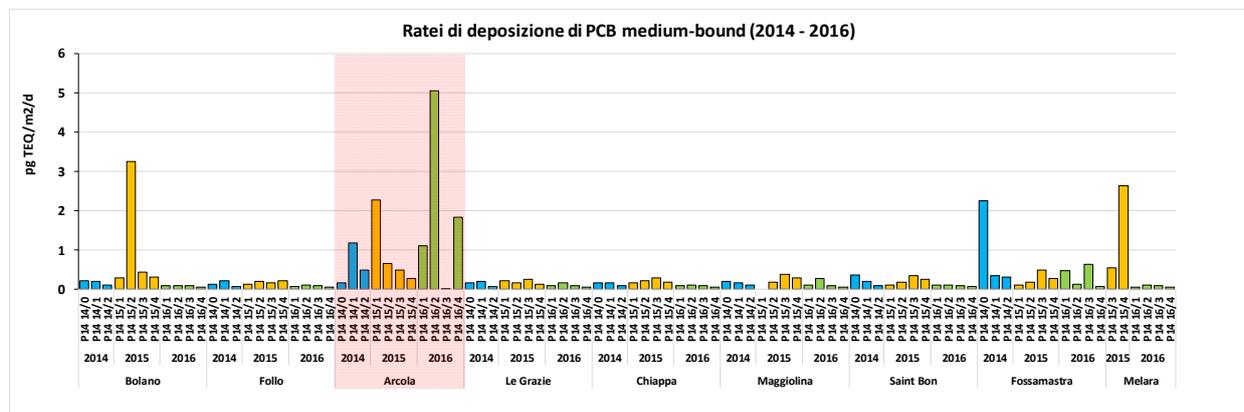
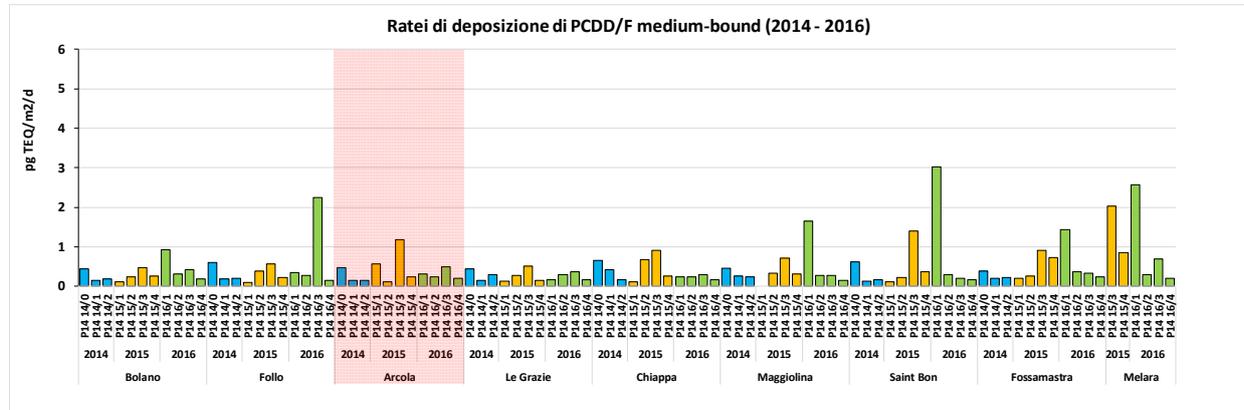


Figura 8 – Confronto dei ratei di deposizione medi di PCDD/F e PCB dl nelle campagne 2014-2016.

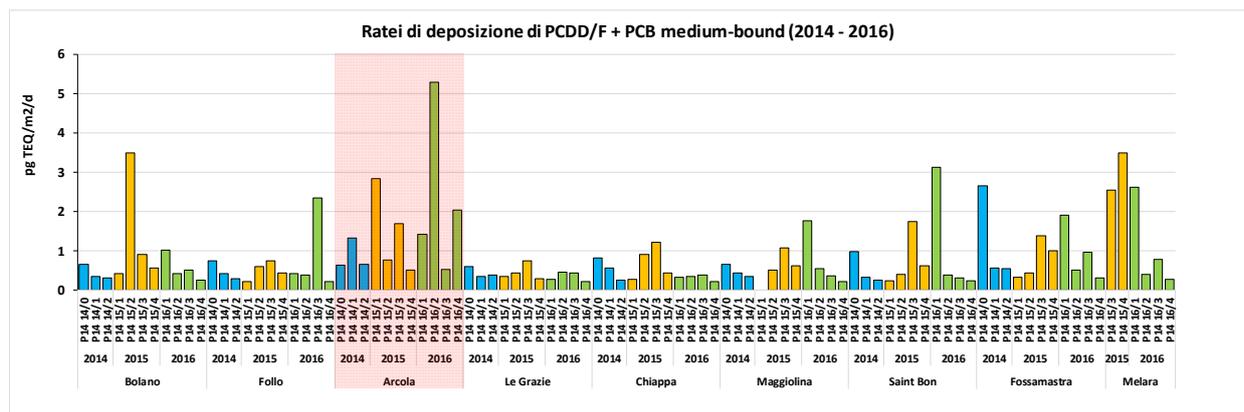


Figura 9 – Ratei di deposizione medi di sommatoria di PCDD/F e PCB nelle campagne 2014-2016.

Nella tabella che segue sono riassunti i valori medi \pm 1 deviazione standard dei ratei di deposizione di PCDD/F e PCB dl, con lo stesso ordinamento di Tabella 1/Tabella 2.

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo 21 L, 19125 La Spezia
Tel. +3901872814 fax +39 0106437441
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



	<i>Media ± Dev. St. (pg TEQ/m²/d)</i>	<i>TEQ PCDD/F</i>	<i>TEQ PCB dl</i>	<i>TEQ PCDD/F+PCB dl</i>
Bianco	P. Extra-urbane	0,49	0,17	0,67
	P. Fondo Urbano	0,65	0,16	0,81
	P. Urbane	0,54	0,29	0,82
	Fossamastra	0,39	2,25	2,65
	Arcola	0,48	0,16	0,64
Estate	P. Extra-urbane	0,38±0,49	0,16±0,10	0,54±0,49
	P. Fondo Urbano	0,37±0,28	0,15±0,09	0,52±0,37
	P. Urbane	0,51±0,53	0,34±0,63	0,85±0,95
	Fossamastra	0,44±0,30	0,36±0,19	0,79±0,39
	Arcola	0,40±0,40	0,72±0,67	1,12±0,66
Inverno	P. Extra-urbane	0,24±0,10	0,41±0,90	0,63±0,91
	P. Fondo Urbano	0,31±0,25	0,15±0,06	0,46±0,29
	P. Urbane	0,25±0,08	0,14±0,07	0,30±0,18
	Fossamastra	0,28±0,08	0,23±0,17	0,44±0,08
	Arcola	0,31±0,19	2,27±1,97	2,58±2,00

Tabella 6 – Ratei di deposizione di PCDD/F e PCB nelle polveri nelle diverse tipologie di postazioni.

Il confronto della deposizione di Arcola nei tre anni di monitoraggio, ricordando che le campagne del 2014 sono state svolte in periodo prevalentemente estivo, evidenziano che le diossine sono in linea con le altre postazioni mentre i PCB sono molto variabili e in concentrazioni maggiori.

L'estemporaneità delle deposizioni di PCB fa supporre ancora la presenza di una sorgente locale che genera anche inquinamento da Pb, non ancora individuata e presumibilmente prossima alla postazione di monitoraggio.

3 Sintesi dei risultati

La sintesi dei risultati del monitoraggio fino al 2016 per la postazione di Arcola paragonata alle altre postazioni evidenzia una elevata e variabile concentrazione di Piombo e PCB nonché deposizioni di IPA saltuarie non collegabili alle caratteristiche della postazione e al tessuto antropico noto.

Le correlazioni tra Pb e PCB, entrambi inquinanti caratteristici della postazione, sono riportate nella figura seguente.

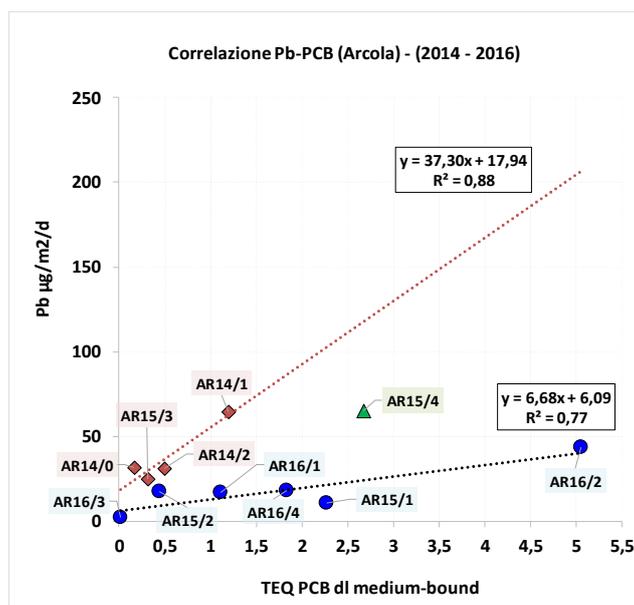


Figura 10 –Studio di correlazione tra le deposizioni di Pb e PCB rilevato ad Arcola nel 2015-2016.

Dalla figura si evidenzia che esistono due differenti correlazioni tra la deposizione di Piombo e quella dei PCB. Questo potrebbe dipendere da una pressione puntuale generata da almeno due processi, quasi sicuramente artigianali, condotti in due modalità differenti che in un caso generano maggiori emissioni di Pb, nell'altro di PCB.

Le correlazioni tra Pb e IPA totali sono riportate nella figura seguente:

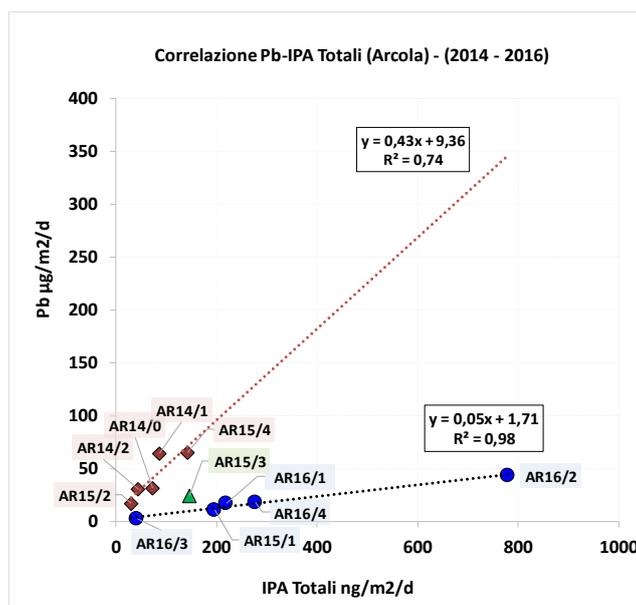


Figura 2 - Correlazione tra deposizioni di IPA e Pb per la postazione di Arcola.

Anche per in questo caso, si possono individuare due differenti correlazioni tra la deposizione di Piombo e quella degli IPA totali. Va comunque evidenziato che le deposizioni di IPA sono spesso confrontabili con quelle di tutte le altre postazioni, pertanto la valutazione di queste correlazioni andrà approfondita quando si avranno, un numero maggiore di casi con elevate concentrazioni sia di Piombo che di IPA totali.

4 CONCLUSIONI

In sintesi, poiché si può escludere un fenomeno di risollevarimento di suolo inquinato dalla presenza di Piombo (v. Allegato 4 Report monitoraggio prescrizione14 - anno 2015' prot. ARPAL nr. 11569 del 14/04/17), l'ipotesi più accreditata è che la sorgente inquinante, oltre ad essere locale, è probabilmente attribuibile ad emissioni estemporanee da processi di fusione artigianali e non è possibile quindi un confronto stagionale dell'andamento degli inquinanti.

Per tale motivo, a partire dalle prossime campagne di monitoraggio del 2017, sarà aggiunto a cura di ARPAL, un ulteriore deposimetro, non facente parte dei monitoraggi della prescrizione 14, all'interno della scuola comunale di Baccano in un'area protetta ma sottoposta allo stesso regime di venti e pressioni ai fini di valutare l'estensione della criticità e la probabile origine della sorgente.