

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 2019 delle deposizioni atmosferiche.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

Si trasmette in allegato il “**Report monitoraggio prescrizione 14 - anno 2019**” 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 tale Report è disponibile sul sito internet dell’Agenzia <http://www.arpal.gov.it>.

**Il Direttore del Dipartimento
Stato dell’Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali**

D.ssa Fabrizia Colonna

Responsabile del procedimento: dott.ssa F. Colonna

**Dipartimento Stato dell’Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell’Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.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



Agosto 2020

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.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 2019.....	7
2.2.1	<i>Eventi accidentali durante i monitoraggi del 2019.....</i>	8
2.3	Postazioni di monitoraggio.....	9
2.4	Tipi di deposimetri utilizzati	11
2.5	Parametri chimici, metodi e validazione dei dati.....	12
2.5.1	<i>Metalli</i>	12
2.5.2	<i>IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici).....</i>	12
2.5.3	<i>PCDD/F e PCB dioxin like (dl).....</i>	13
2.5.4	<i>Suddivisione delle attività analitiche per il 2019.....</i>	15
2.6	Analisi integrative rispetto alla prescrizione AIA	16
2.7	Modalità di analisi chimica e calcolo dei ratei di deposizione della campagna P14 19/4	16
2.8	Validazione dei risultati	16
3	INQUADRAMENTO METEOROLOGICO	17
3.1	Caratteristiche meteorologiche generali del periodo relativo alle campagne di monitoraggio previste dalla Prescrizione 14	18
3.2	Andamento della temperatura e dell'umidità	24
3.3	Anemometria.....	27
3.4	Precipitazioni.....	31
3.4.1	<i>Confronto tra dati pluviometrici e precipitazioni raccolte dai deposimetri</i>	33
3.5	Caratteristiche meteo generali delle campagne suppletive effettuate a Melara	35
3.5.1	<i>La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/A (17/12/2018 ÷ 15/01/2019).....</i>	36
3.5.2	<i>La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/B (15/01/2019 ÷ 14/02/2019).....</i>	37
3.5.3	<i>La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/C (14/02/2019 ÷ 14/03/2019)</i>	37
3.5.4	<i>La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/D (18/04/2019 ÷ 22/05/2019)</i>	38
3.5.5	<i>La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/E (22/05/2019 ÷ 20/06/2019).....</i>	39
3.5.6	<i>La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/F (25/07/2019 ÷ 02/09/2019).....</i>	40
3.5.7	<i>La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/G (02/09/2019 ÷ 10/10/2019)</i>	41
4	OPERATIVITÀ DELLA CENTRALE ENEL DURANTE LE CAMPAGNE	42
5	RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE DELLE DEPOSIZIONI.....	49
5.1	Ratei di deposizione delle polveri e entità precipitazioni	50
5.1.1	<i>Valutazione della entità della polverosità depositata nel 2019</i>	51
5.2	Metalli nelle deposizioni di polveri.....	52
5.2.1	<i>Ratei di deposizione dei metalli.....</i>	52
5.2.2	<i>Concentrazioni di metalli nelle polveri depositate</i>	56
5.3	Composti organici nelle deposizioni di polveri	61
5.3.1	<i>Ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA).....</i>	61
5.3.2	<i>PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri.....</i>	68
5.4	Specie ioniche nelle deposizioni di polveri.....	75
5.5	Analisi dati rilevati dalla postazione fissa MELARA annuale	77
5.5.1	<i>Rateo di deposizione di polveri.....</i>	77
5.5.1	<i>Contenuto di metalli e specie ioniche.....</i>	78
6.	ANDAMENTO E CARATTERIZZAZIONE DEL PM ₁₀	81
6.1	Caratterizzazione chimica del PM ₁₀	87
6.1.2	<i>Contenuto di benzo[a]pirene nel PM₁₀</i>	89
6.1.3	<i>Contenuto di levoglucosano, carbonio elementare e organico nel PM₁₀</i>	91

7.	SINTESI DEI RISULTATI DEI MONITORAGGI 2014-2019.....	99
7.1	Ratei di deposizione delle polveri	102
7.2	Metalli nelle deposizioni di polveri.....	106
7.2.1	Ratei di deposizioni stagionali dei metalli.....	106
7.2.2	Concentrazioni di metalli nelle polveri	113
7.3	Composti organici nelle deposizioni di polveri	123
7.3.1	Ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA).....	123
7.4	PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri	130
7.5	Specie ioniche nelle deposizioni delle polveri.....	135
7.6	Andamento del PM ₁₀ , metalli e specie organiche	139
7.6.1	Caratterizzazione chimica del PM ₁₀	142
7.6.1.1	Contenuto di metalli nel PM ₁₀	143
7.6.1.2	Contenuto di benzopirene nel PM ₁₀	145
7.6.1.3	Contenuto di EC/OC e Levoglucosano nel PM ₁₀	146
7.7	Sintesi dei risultati dei monitoraggi 2016-2019 rilevati dalla postazione fissa MELARA	149
7.7.1	Ratei di deposizione delle polveri	150
7.7.2	Ratei di deposizioni stagionali dei metalli	153
7.7.3	Concentrazioni di metalli nelle polveri	156
7.7.4	Specie ioniche nelle deposizioni delle polveri	158
8.	SINTESI E CONCLUSIONI	160
8.1	Sintesi monitoraggio 2019	160
8.2	Sintesi e conclusioni del periodo 2014 ÷ 2019.....	165
9.	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	170

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** – Concentrazione del PM10 nelle postazioni di Chiappa, Le Grazie e Follo.
- APPENDICE 5** – Descrizione delle postazioni.
- APPENDICE 6** – Tabelle di sintesi deposizione e composizione 2014÷2019.
- APPENDICE A6.1** – Ratei di deposizione di polveri nelle postazioni di monitoraggio.
- APPENDICE A6.2** – Ratei di deposizione dei metalli.
- APPENDICE A6.3** – Concentrazioni dei metalli nelle polveri depositate.
- APPENDICE A6.4** – Ratei di deposizione degli IPA totali, della Norma UNI e del BaP .
- APPENDICE A6.5** – Ratei di deposizione di PCDD/F - Valori in pg/m²/d.
- APPENDICE A6.6** – Ratei di deposizione di PCB - Valori in pg/m²/d.
- APPENDICE A6.7** – Ratei di deposizione delle specie ioniche.
- APPENDICE 7** – Validazione dei dati di metalli nei deposimetri.
- APPENDICE 8** – Validazione dei dati di PM10.

Elenco Allegati

- ALLEGATO 1** – Protocollo di attuazione delle prescrizioni 14 e 18

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. 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 di La 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.

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 fino ad oggi.

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 risollevarsi su sollecitazione esterna;
- i **campionatori PTS, PM₁₀, PM_{2,5}** raccolgono le particelle sospese in aria con un sistema attivo di selezione di taglio granulometrico. Tali particelle sono costituite da una miscela complessa, multifase, 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 PM_{10} quelle aventi un diametro aereodinamico minore o uguale a 10 μm ; i campionatori $\text{PM}_{2.5}$ 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 PM_{10} 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 PM_{10} .

I dettagli applicativi del protocollo attuativo della prescrizione 14 sono descritti nei paragrafi seguenti. Come nell'anno precedente, nel 2019:

- è stato mantenuto il monitoraggio continuativo istituito a partire dal 2016 presso la postazione divenuta permanente di **Melara** (vedi Tabella 2), area indicata dal modello diffusionale della prescrizione n.15 come soggetta alla massima deposizione delle emissioni ENEL;
- per migliorare la rappresentatività dello studio, in linea con quanto previsto per le misurazioni indicative delle deposizioni totali dal D.Lgs 155/2010, Allegato 1-Tabella 2, le campagne a partire dal 2017 vengono effettuate suddivise nelle quattro stagioni, come riportato nel par. 2.2;
- è stato lasciato a cinque il numero delle postazioni in cui effettuare l'analisi delle diossine e PCB, pur garantendo la rappresentatività grazie al basso rateo di deposizione delle diossine nel triennio già esaminato e alla loro diffusione ubiquitaria nell'area;
- si è continuato lo studio per definire i contributi delle varie sorgenti al PM_{10} in due postazioni della RQA opportunamente scelte (Fossamastra e Maggiolina). Sono stati utilizzati due set di campioni giornalieri sequenziali rappresentativi della stagione invernale ed estiva in modo da avere un numero sufficiente di dati di input mediante Modello al Recettore (software PMF5-EPA).

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.

2.2 Numero e durata delle “campagne annuali di monitoraggio” del 2019

Il Protocollo prevede l'attuazione di “campagne annuali di monitoraggio” che a partire dal 2017 comprendano quattro congrui periodi di rilevazione, ciascuno per ogni stagione meteorologica, al fine di includere i quattro periodi più significativi dal punto di vista meteoroclimatico.

Nel prospetto che segue sono elencati i periodi di monitoraggio effettuati nel corso del 2019 includendo anche quelli della prescrizione 18²:

Prescrizione 14			Prescrizione 18		
Data	Codifica	Note	Data	Codifica	Note
14/03 – 18/04/19	P14 19/1	Campagna primaverile			
20/06 – 24/07/19	P14 19/2	Campagna estiva	20/06 - 24/07/19	P18 19/1	Campagna estiva
08/10 – 04/11/19	P14 19/3	Campagna autunnale			
07/11 – 12/12/19	P14 19/4	Campagna invernale	07/11 - 12/12/19	P18 19/2	Campagna invernale

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

Si evidenzia che a causa del mancato funzionamento della Centrale, la prevista campagna primaverile come per l'anno precedente e quella autunnale sono diventate di fatto due “campagne di bianco”³.

Nel corso dell'anno 2019 è stato mantenuto 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 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 di Melara.

Prescrizione 14	
Data	Codifica
17/12/18 – 15/01/19	ME_A_P14 19
15/01/19 – 14/02/19	ME_B_P14 19
14/02/19 – 14/03/19	ME_C_P14 19
18/04/19 – 22/05/19	ME_D_P14 19
22/05/19 – 20/06/19	ME_E_P14 19
24/07/19 – 05/09/19	ME_F_P14 19
05/09/19 – 08/10/19	ME_G_P14 19

Tabella 2 - Campagne di misura integrative della Prescrizione 14.

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

² La prescrizione 18 riguarda il monitoraggio di un'area limitata legata ai possibili impatti delle attività di movimentazione del carbone, dallo scarico nave all'ingresso in CTE ENEL.

³ I campionamenti di PM₁₀ sono iniziati successivamente rispetto a quelli delle deposizioni in quanto il fermo CTE è stato anticipato con un preavviso di pochi giorni rispetto al programma; non è stato possibile partire contestualmente con i campionamenti di PM₁₀ in quanto prevedono una preparazione più lunga e complessa.

2.2.1 Eventi accidentali durante i monitoraggi del 2019

Durante la campagna invernale **P14 19/4**, l'accesso al sito di Maggiolina non era consentito a causa di lavori nell'area circostante, pertanto le deposizioni non sono disponibili presso questa postazione. Inoltre, sempre relativamente la campagna invernale (**P14 19/4**), l'eccezionale quantità di precipitazioni ha costretto ad un cambio anticipato dei deposimetri, avvenuto in data 21/11/2019, e le deposizioni sono state sommate.

Inoltre, nel corso delle campagne di monitoraggio del 2019 si sono avuti alcuni eventi accidentali descritti di seguito:

- durante la campagna integrativa **P14 18/F** di **Melara**, si è avuta una forte avvezione sahariana nel giorno **12/08/201**;
- durante la campagna invernale nei giorni **16-17/11/2019** e **27/11/2019** si sono avuti due eventi meteo di avvezione sahariana con significativa deposizione di sabbia sahariana;
- durante la campagna primaverile in data **28/03/2019** e durante la campagna estiva in data **12/07/2019** presso la postazione di Saint Bon sono stati effettuati lavori di rifacimento della segnaletica orizzontale;
- durante la campagna autunnale in data **18/10/2019** presso la postazione di Fossamastra sono stati effettuati a ridosso della cabina della RQA dei lavori di manutenzione con taglio vegetazione;
- durante la campagna invernale durante i giorni **5-9/11/2019** presso la postazione di Maggiolina si sono verificati dei lavori per messa in sicurezza dell'area a causa di albero pericolante;
- durante la campagna invernale in data **28/11/2019** presso la scuola ubicata vicino la postazione di Fossamastra si sono verificati dei lavori di cantiere.

2.3 Postazioni di monitoraggio

La scelta delle postazioni, effettuata nel 2019, 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 2019 è riportato in 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 ⁴	Integrazione strumentazione qualità aria
Chiappa	Fondo suburbana	Postazione di "bianco"	NOx e O ₃	VV, DV 10 m, TA, UR, PA, PR	PM ₁₀ (campionamento su filtro per 24 ore)
Fossamastra	Industriale urbana	Deposizioni industriali, traffico, porto.	SO ₂ , NOx, CO PM ₁₀ , PM _{2.5}	-	-
Parco della Maggiolina	Fondo urbana	Fondo cittadino	SO ₂ , NOx, CO, O ₃ , PM ₁₀ & PM _{2.5} (giornaliero & orario)	-	-
Piazza Saint Bon	Traffico urbana	Traffico urbano	NOx, Benzene, PM ₁₀	-	-
Le Grazie	(ex RRQA ENEL)	Deposizioni Industriali	SO ₂ , NOx	VV, DV 10 m, TA, UR, PA, PR, RN, RG	PM ₁₀ (campionamento su filtro per 24 ore)
Follo ⁵	(ex RRQA ENEL)	Deposizioni Industriali	-	VV, DV 4 m,	PM ₁₀ (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	-	-	-
Melara	-	Ricaduta emissioni ENEL da modellazione	-	-	-

Tabella 3 - Postazioni di misura della Prescrizione 14.

Nel 2019, inoltre, sono state effettuate con l'utilizzo dei laboratori mobili di ARPAL anche campagne puntuali per valutare eventuali pressioni in alcuni punti critici del territorio. Le campagne sono state condotte in concomitanza con quelle della P14 e precisamente a Melara durante la **P14 19/3** e la **P14 19/4**, a Marina del Canaletto durante la campagna **P14 19/3**. I report di queste campagne sono disponibili sul sito web di ARPAL.

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

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 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).

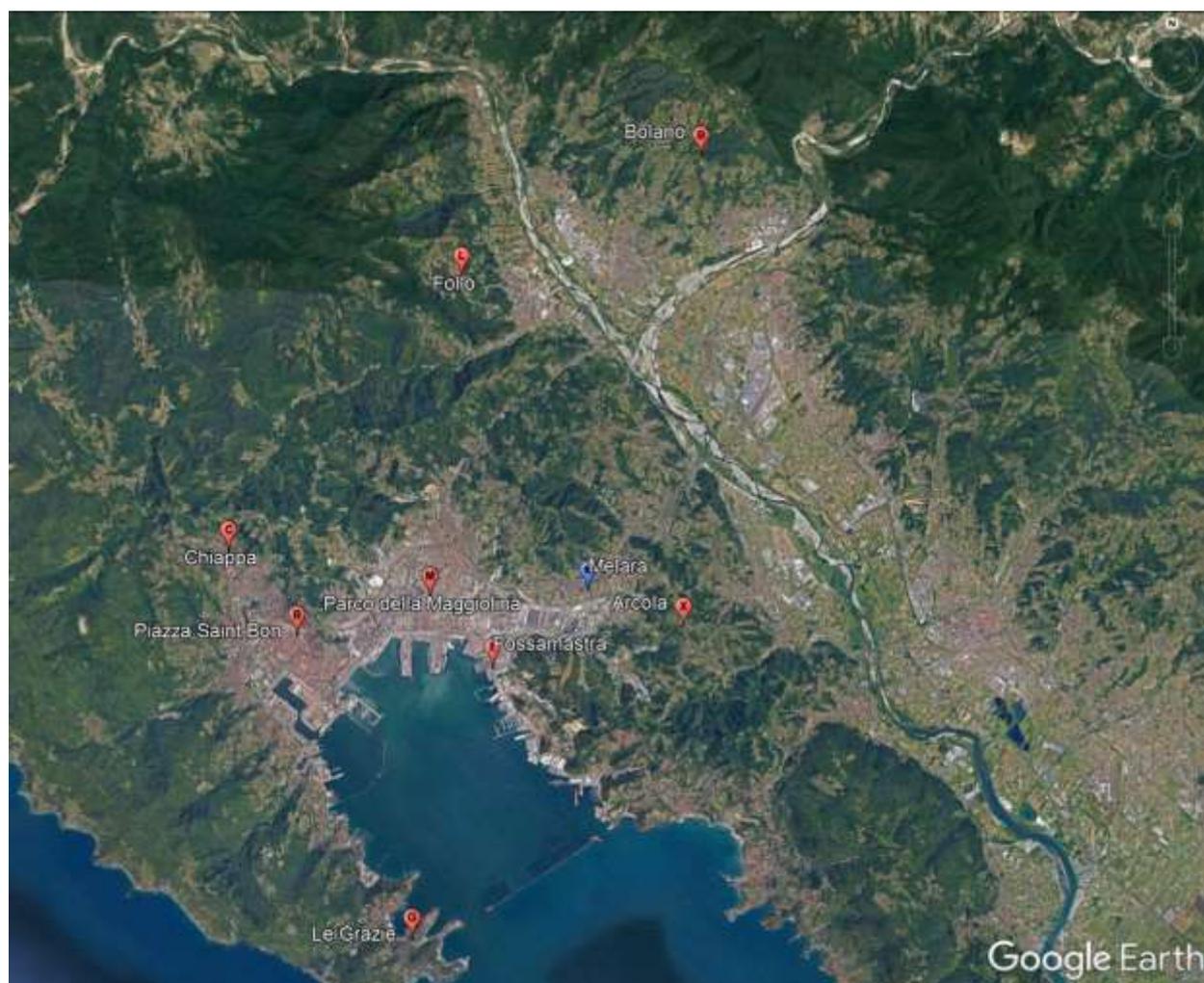


Figura 1 - Ubicazione delle postazioni di prelievo.

In Appendice 5 sono riportate le schede anagrafiche delle postazioni utilizzate.

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 alla determinazione 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 2 – 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 4 – 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 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ (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:

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	DBaP	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 5 - 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 dioxin like (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

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Composto	u.d.m.	Limite di quantificazione
1,2,3,6,7,8-Esaclorodibenzofurano	pg	0,16
1,2,3,7,8,9-Esaclorodibenzofurano	pg	0,17
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 6 – 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 34 per PCDD/F e nella Tabella 35 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 WHO⁶ 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).

⁶ WHO: Organizzazione Mondiale della Sanità

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 04/15⁷):

- 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 nel presente rapporto è stato utilizzato il criterio *medium-bound*, che il citato Rapporto ISTISAN 04/15 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 $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$ o $\text{pg TEQ}/\text{m}^2/\text{d}$ (rateo di deposizione giornaliero).

2.5.4 Suddivisione delle attività analitiche per il 2019

Le attività analitiche relative alla caratterizzazione chimica delle deposizioni relative alle campagne previste dal protocollo 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 e degli ioni.

⁷ Menichini, E., & Viviano, G., 2004

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⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, 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.

Su un numero selezionato di campioni di PM₁₀ delle postazioni integrative sono stati anche determinati 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 Modalità di analisi chimica e calcolo dei ratei di deposizione della campagna P14 19/4

Durante la campagna **P14 19/4**, si sono avute precipitazioni molto elevate soprattutto nella prima parte del periodo di monitoraggio (vedi cap.3). Si è deciso di procedere alla sostituzione dei recipienti di raccolta sia dei deposimetri inorganici sia di quelli per specie organiche il giorno 21/11/2019. Non sono stati invece sostituiti gli imbusti di raccolta. Per ogni postazione si sono quindi raccolti due sub campioni. Essendo impraticabile la riunione dei due campioni, dato l'elevato volume complessivo, si è proceduto alla filtrazione separata dei due sub-campioni. Per il calcolo dei ratei di deposizione dei parametri chimici si è proceduto a sommare le quantità di ciascun analita nei due campioni e si è quindi diviso per la durata complessiva del periodo di esposizione. Nel caso che un parametro fosse risultato inferiore al limite di rilevabilità, si è provveduto ad utilizzare metà del limite stesso.

Le analisi dei parametri organici sono state ottenute unendo le due frazioni di sub campioni in un'unica analisi al momento dell'estrazione.

2.8 Validazione dei risultati

Nell'Appendice 7 sono elencati i campioni di deposizione su cui ARPAL o CESI hanno eseguito le validazioni dei metalli.

Relativamente alla determinazione dei metalli sulle deposizioni sono stati validati 13 campioni su 36 (36%) eseguendo la determinazione analitica di tutti e 9 i metalli determinati. L'indice di validazione conclusivo è risultato pari a 95%, decisamente maggiore del valore soglia prefissato dal protocollo ARPAL, pari al 70%.

Relativamente alla determinazione gravimetrica del PM₁₀ le validazioni sono riportate nell'Appendice 8.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

3 Inquadramento meteorologico

Per l'inquadramento meteorologico del periodo delle campagne, sono state utilizzati i dati raccolti da una decina di postazioni, sia della rete di monitoraggio ARPAL, che di quella integrativa gestita da CESI, operativa durante le campagne e che, vista la complessa orografia del territorio, possono dare informazioni puntuali sul sito di misura aiutando nell'interpretazione di eventi particolari o situazioni puntuali.

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

Postazione meteo	Tipologia	Quota slm (m)	Parametri meteo misurati ⁸	inizio/fine misura
Comune di La 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 - Monteviseggi	Stazione fissa	350	TA, PR	-
Chiappa	Integrazione strumentazione CESI	60	VV e DV 10 m, TA, UR, PA, PR	14/03 ÷ 18/04 20/06 ÷ 25/07 10/10 ÷ 14/11 07/11 ÷ 12/12
Le Grazie	Integrazione strumentazione CESI	20	VV e DV 10 m, TA, UR, PA, PR, RG, RN	14/03 ÷ 18/04 20/06 ÷ 25/07 10/10 ÷ 14/11 07/11 ÷ 12/12
Bolano	Integrazione strumentazione CESI	325	VV e DV 10 m, TA, UR, PA, PR, RG, RN	14/03 ÷ 18/04 20/06 ÷ 25/07 10/10 ÷ 14/11 07/11 ÷ 12/12
Follo	Integrazione strumentazione CESI	220	VV, DV 4 m, TA	14/03 ÷ 18/04 20/06 ÷ 25/07 10/10 ÷ 14/11 07/11 ÷ 12/12

Tabella 7 – Postazioni meteorologiche utilizzate.

⁸ 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.

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

Le caratteristiche meteorologiche delle campagne di monitoraggio, che si sono svolte nel corso delle quattro stagioni, sono state, ovviamente, molto diverse tra loro.

La campagna **primaverile P14 19/1** (14/03/2019 ÷ 18/04/2019) ha inizio intorno alla metà di marzo in una fase meteorologica caratterizzata da condizioni via via più stabili e soleggiate sull'Europa centro-occidentale e l'Italia. Si tratta di un inizio primavera all'insegna di un tempo decisamente anomalo per la stagione (che sul nord-Italia e la Liguria dovrebbe essere caratterizzato da una ripresa delle precipitazioni), con condizioni decisamente secche sul centro-nord salvo alcune brevi discese di aria fresca e instabile che non colmano i significativi deficit precipitativi, già presenti a inizio mese.

Solo verso inizio aprile, invece, si registra una ripresa delle precipitazioni più in linea con la climatologia primaverile: ciò avviene per effetto dell'affermarsi di una depressione che tende a insistere sull'Europa centro occidentale e l'area mediterranea, con l'anticiclone che rimane confinato a latitudini più settentrionali. Si segnalano intorno a fine campagna, alcune giornate caratterizzate dal rinforzo dei flussi meridionali e conseguenti mari molto mossi.

La campagna **estiva P14 19/2** (20/06/2019 ÷ 25/07/2019) ha inizio in concomitanza con l'ultima decade di giugno, caratterizzata da un clima estivo molto caldo: a fine mese si assiste ad un significativo rialzo termico, con richiami subtropicali che hanno comportato estremi di temperatura significativi, dapprima sull'Europa occidentale (Spagna e Francia) e successivamente sulla nostra Penisola e sulla Liguria, con anomalie assai marcate (fino +5 °C) ed un assenza quasi totale di precipitazioni.

All'inizio e nella seconda parte del mese di luglio, si assiste ad una dominanza anticiclonica di origine africana, con estremi termici sul continente, più marcati sull'Europa centro-occidentale collegati a nuove ondate di caldo estreme che hanno interessato la Penisola e la Liguria; si sono registrate tuttavia alcune sporadiche irruzioni più fresche dai quadranti settentrionali nell'area mediterranea, interagendo con le masse d'aria preesistenti ed estremamente calde. Tali contrasti termici hanno favorito l'innescio di diversi episodi temporaleschi anche estremi sulle Alpi, l'Appennino e le zone adriatiche/tirreniche che, sulla Liguria, tra l'8 e il 15 luglio sono stati accompagnati da intensa grandine e raffiche di vento oltre che trombe marine.

Nella seconda parte di luglio si osserva un cambio di regime sinottico collegato ad una nuova rimonta anticiclonica che tende ad estendersi lungo i meridiani, con richiami di aria calda e umida di origine nord-africana che si estendono oltre che al Mediterraneo e la nostra Penisola, anche alla Francia e le zone settentrionali del continente in seguito all'allontanamento della depressione che nella prima metà di luglio aveva insistito su queste ultime zone.

La campagna **autunnale P14 19/3** (10/10/2019 ÷ 04/11/2019) fin dalle prime battute è caratterizzata da un clima decisamente autunnale: si osserva, infatti, la dominanza di un

flusso umido e perturbato sulle zone nord-occidentali italiane. In particolare nella seconda metà di ottobre, la presenza di un blocco anticiclonico sull'Europa centro-orientale dà vita ad una significativa meridionalizzazione dei flussi che, prima insiste sulle zone del Mediterraneo centro-occidentale, e poi muove verso le zone continentali europee; questa configurazione determina una conseguente intensificazione del maltempo sulla Liguria.

Dopo una fase di temporanea tregua, a cavallo tra ottobre e novembre si registra l'ingresso di una nuova depressione sulla Penisola iberica, associata a un nuovo intenso peggioramento con forti venti di Libeccio sul Mediterraneo e intense mareggiate in Riviera.

In sintesi, il periodo vede la dominanza di una componente sud-occidentale: tale avvezione umida ha comportato precipitazioni sopra l'atteso sull'Europa centro occidentale e l'area Mediterranea, con anomalie giornaliere comprese in media tra 2-4mm/giorno.

La campagna **invernale P14 19/4** (07/11/2019 ÷ 12/12/2019) ha inizio nel corso dell'ultimo mese dell'autunno e vede una serie di episodi intensi sulla Liguria, con tempo caratterizzato da una estrema alternanza e variegati fenomeni meteorologici legati a episodi di intensa ventilazione, mareggiate, grandinate e rovesci temporaleschi. In linea con ottobre, i massimi precipitativi si osservano sempre sul centro-ponente della regione, evidenziando, solamente tra la metà ottobre e la fine di novembre, quantitativi di precipitazione abbastanza allineati o anche superiori a quelli attesi per tutto l'anno. Sullo spezzino, gran parte del mese è interessata da frequenti episodi precipitativi (ben 17 giornate di pioggia) associati a valori di cumulata mensile sul centro città intorno ai 220 mm (superiore di circa il 20% rispetto al valore atteso dalla climatologia) e picchi di circa 80 mm di cumulata massima giornaliera.

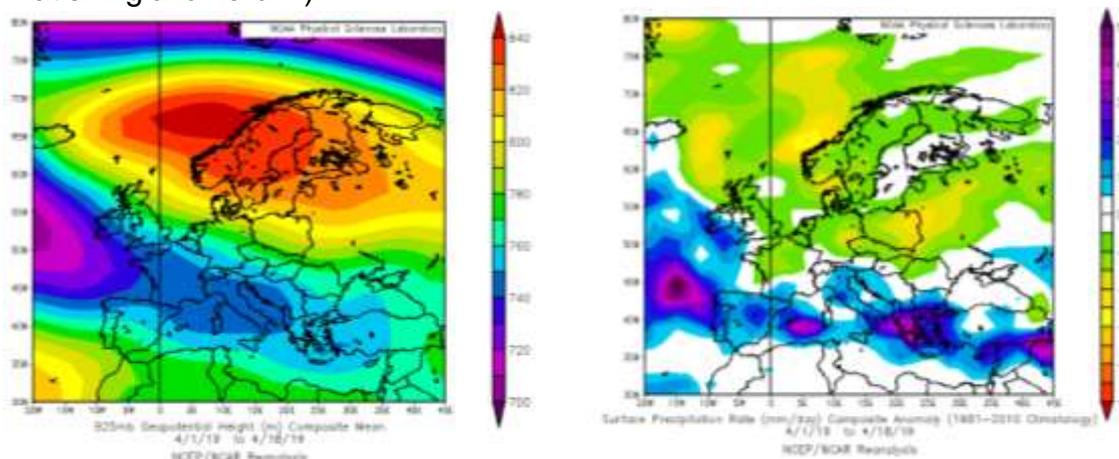
Si evidenzia che, a fine mese e successivamente con l'inizio di dicembre, le precipitazioni seguono valori giornalieri meno importanti (quantitativi inferiori a 7 mm/giorno), fatto salvo un picco prossimo ai 50 mm/giorno nella bassa val di Vara.

Nel dettaglio, la campagna **primaverile P14 19/1**, vede nel corso del mese, condizioni decisamente secche sul centro-nord Italia, a tratti intervallate da alcune brevi discese di aria fresca e instabile di origine settentrionale verso il 18 e 26 marzo; tali episodi tuttavia non hanno colmato i significativi deficit precipitativi già presenti dall'inizio del mese sulla Liguria e le zone limitrofe, confermando la generale assenza di fenomeni che perdurava dall'inverno, con circa -3/-4 mm/giorno rispetto alla climatologia trentennale del periodo (riferimento 1981-2010).

Tra 21 e 23 marzo si assiste ad un rialzo termico (con valori che raggiungono i 19 °C) ascrivibile ad un possibile effetto di foehn appenninico (contestuale calo dell'umidità e rinforzo della ventilazione). Segue verso il 26/03 un rinforzo dei venti con raffiche di burrasca attorno a 70 km/h.

Ad inizio aprile si registra una ripresa delle precipitazioni più in linea con la climatologia primaverile, per effetto di una depressione che tende a interessare l'Europa centro occidentale e l'area mediterranea, dando luogo a diversi passaggi instabili sulla Penisola, con l'anticiclone prevalentemente confinato a latitudini più settentrionali.

La configurazione e le anomalie di precipitazione si ribaltano rispetto a Marzo, come si può osservare dalle seguenti rianalisi che, evidenziano l'entrata di una depressione dal vicino Atlantico alla Francia e il Mediterraneo centro occidentale, collegata a un'anomalia di piogge positiva tra la Penisola Iberica, le Baleari e la nostra Penisola; il centro Europa continua ad essere interessato da un esteso deficit di pioggia (cromatismi giallo verdini).



Si segnalano, inoltre, degli intensi flussi meridionali con mari molto mossi sul golfo ligure, sia attorno al 4 che verso il 7 aprile e successivamente verso metà mese. Verso il 4, si osservano a La Spezia quantitativi giornalieri di pioggia elevati (con 70 mm/24 h) e un rinforzo dei venti meridionali da intensità media fino a raffiche di burrasca forte; questo flusso è associato a un richiamo di aria umida tirrenica abbastanza meridionale che da luogo a condizioni di mare molto mosso o localmente agitato a Levante. Un secondo fronte, che interessa la Liguria verso il 7/04, è associato a deboli precipitazioni e venti al più moderati. Si osserva sempre nello spezzino una rotazione più decisa dai quadranti settentrionali verso il 14, associata a condizioni di variabilità, con piogge significative e cumulate massime sulle 24 ore rilevanti in alcune postazioni (52 mm a Portovenere e 31 mm a Monte Rocchetta).

Il mese di aprile si chiude nello spezzino con valori sopra l'atteso (172 mm/mese contro i 124,3 attesi dalla climatologia), mostrando un totale di 12 giorni piovosi, tra cui spicca il 4/04, giorno caratterizzato dalle piogge più significative del mese (circa 70 mm/24 h) e condizioni di mare agitato. Nel grafico a lato le precipitazioni osservate ed attese nello spezzino nei primi 4 mesi del 2019.



La campagna **estiva P14 19/2** ha inizio nell'ultima decade di giugno, un periodo caldo caratterizzato da un significativo rialzo termico, con richiami subtropicali che hanno portato a fine mese estremi di temperatura significativi dapprima sull'Europa occidentale (Spagna e Francia) e successivamente sulla nostra Penisola. Si evidenziano nell'ultima decade di giugno, anomalie termiche assai marcate con assenza pressoché totale di precipitazioni. Anche la prima settimana di Luglio trascorre all'insegna del disagio da

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

caldo sul Mediterraneo e l'Europa centro occidentale, con uno scenario che vede richiami subtropicali dal nord Africa con temperature minime e massime di diversi gradi al di sopra delle medie stagionali.

Fatto salvo per un episodio temporalesco in data 7, solo intorno a metà mese si hanno irruzioni più marcate dai quadranti nord orientali associate a significativi contrasti termici; il 15/07 si osserva sul golfo ligure l'attivazione di diversi episodi temporaleschi associati a intense trombe marine verso la Corsica in prossimità di Bastia.

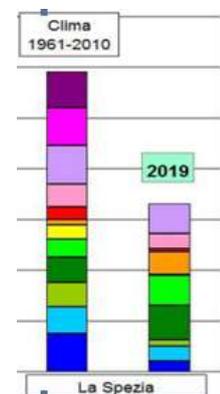
Dopo questa fase instabile, i termometri superano i 35 °C in molte zone liguri, soprattutto quelle interne; nello spezzino, dal 20 di Luglio si evidenziano massimi attorno a 28 °C, che poi dal 25/07 si attestano tra 32 e 37 °C; questo caldo non è accompagnato da particolari fenomeni precipitativi nell'ultima decade a causa di un prevalente dominio anticiclonico, che solo a tratti, sul nord Italia e le Alpi, ha lasciato il posto a qualche infiltrazione d'aria atlantica con locali temporali.

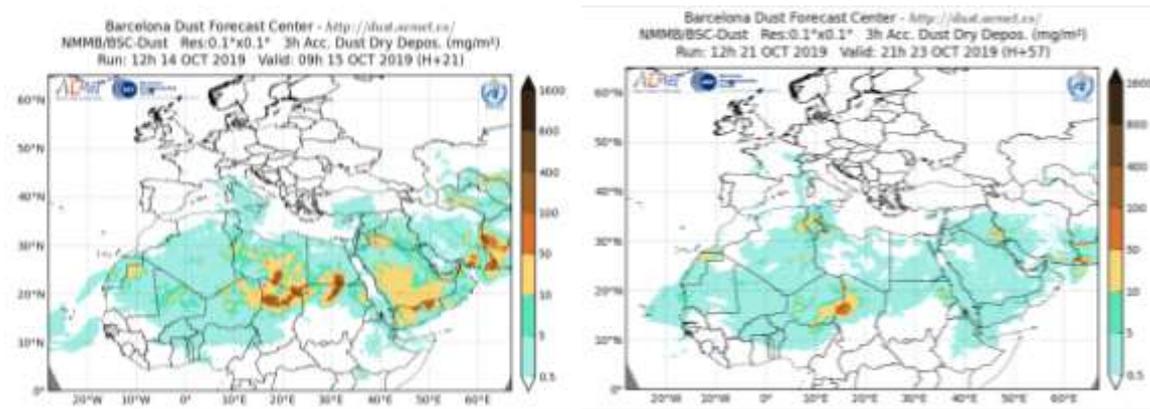
L'analisi delle precipitazioni di luglio evidenzia una prima fase instabile il 07/07 (con cumulate tra 15 mm e 26 mm rispettivamente a La Spezia Comune e Pitelli) legata a un evento temporalesco d'intensità moderata ed una successiva, il 15/07 con cumulate giornaliere tra 20 e 30 mm/giorno associate a debolissimi rovesci; l'evento è associato a precipitazioni elevate sulla riviera di ponente (nel savonese si osservano fino a 100 millimetri in 24 ore) con l'innescò di temporali intensi sul settore ligure e la Corsica (una intensa tromba marina a Bastia). Il 15/07 si osserva per le temperature massime un crollo di circa 10 °C nello spezzino, con T massime che non superano i 20 °C.

Seguono modeste correnti umide atlantiche fino al 18 luglio che tuttavia non sono associate ad alcuna precipitazione in costa sullo spezzino; tale flusso è seguito da un successivo miglioramento legato alla lenta rimonta dell'alta pressione che porta a una nuova fase di caldo intenso tra il 22 e il 26 luglio, con massime che in costa il 23 luglio hanno toccato anche i 36 °C gradi a La Spezia, sfiorando i 40 °C gradi nell'interno.

Nel corso delle prime fasi della campagna **autunnale P14 19/3** si assiste all'entrata sull'Europa e il Mediterraneo occidentale di una vasta circolazione depressionaria che si contrappone al blocco anticiclonico sull'Europa centro-orientale: questa configurazione comporta la dominanza di un flusso umido e perturbato dal Mediterraneo occidentale verso l'Europa centrale con una conseguente intensificazione del maltempo sul Nord-ovest italiano che ha insistito in particolare sul centro della Liguria. Quest'avvezione umida meridionale ha comportato temperature e quantitativi di precipitazione significativamente sopra l'atteso nella parte centrale della regione (con oltre 500 mm/mese).

Tuttavia i valori sono rimasti poco sotto l'atteso nel Levante spezzino, che ha visto solo una decina di giorni piovosi concentrati nelle ultime due decadi di ottobre, con un massimo di 56 mm/24 h (24/10). Nel mese si registrano cumulate totali mensili di 143,8 mm (a La Spezia) rispetto ai 188 mm attesi dalla climatologia di ottobre: dal grafico a lato è evidente il deficit precipitativo rilevato nei primi 10 mesi dell'anno. Si segnala, intorno al 15-16 ottobre, un intenso Ostro che ha comportato un colpo di mare con condizioni molto mosse o localmente agitate al largo e nel Levante. A questo flusso è associato un modesto incremento di apporti sabbiosi provenienti dalla Tunisia e dalla Liguria il 15 e il 23 ottobre.





Verso inizio novembre, una vasta depressione associata a un esteso sistema frontale entra nel Mediterraneo occidentale, interessando i versanti liguri/tirrenici con intense precipitazioni e quantitativi elevati nello spezzino (76 mm/24); tra il 3 e il 4 novembre segue una libecciate associata a una intensa mareggiata, non confrontabile tuttavia come intensità con quella della tempesta Vaia di fine ottobre 2018. La linea di convergenza ben evidente dall'andamento delle precipitazioni areali sul medio Levante, risulta caratterizzata da intensità orarie e triorarie tra forti e molto forti, in spostamento dal mare verso l'entroterra, a cavallo tra lo spezzino e genovese.

L'andamento termico, influenzato dalla meridionalizzazione dei flussi sopradetta, nonostante il maltempo vede temperature sopra i valori climatologici, con anomalie medie di oltre +3.5 °C: nel dettaglio le temperature risultano comprese tra 17 e 23 °C, a eccezione di qualche giornata ancora particolarmente calda (22/10 e 26/10), in cui il termometro ha raggiunto i 27 e 26 °C.

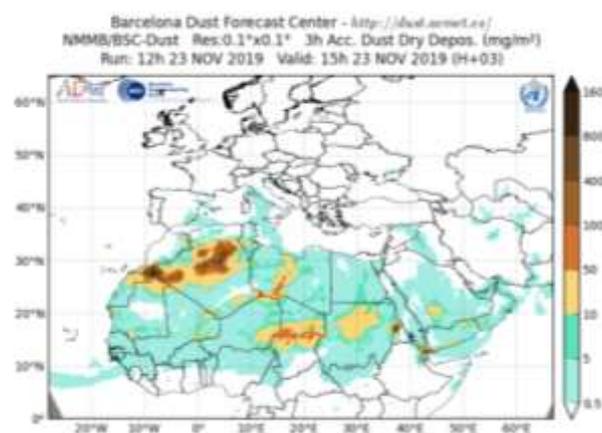
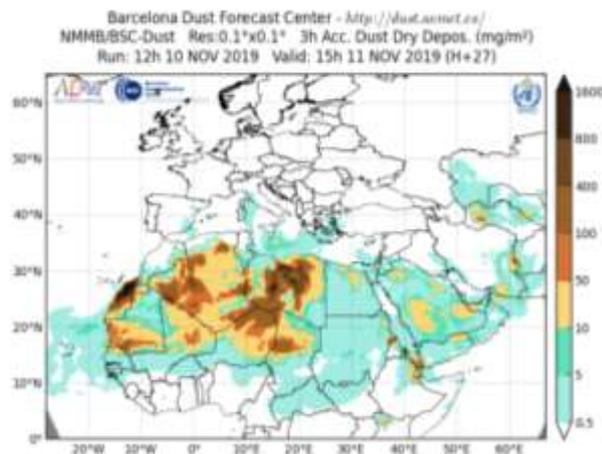
La campagna **invernale P14 19/4** ha inizio ancora nell'autunno e vede sulla regione un'estrema alternanza di fenomeni meteorologici, con la sovrapposizione tra rovesci temporaleschi, grandinate e trombe d'aria, oltre a un'intensa ventilazione associata a mareggiate. In tale contesto, in gran parte del mese di novembre, La Spezia è interessata da episodi precipitativi con 17 giornate di pioggia associate a un totale superiore ai 300 mm/mese (contro i 186,8 attesi) e 76 mm di cumulata massima giornaliera.

Già ad inizio campagna (7/11), sulla città si registrano valori modesti che tendono a incrementare il giorno successivo con quantitativi significativi (34 mm/24 h) associati a rinforzi della ventilazione e punte da Est, Nord-Est, con intensità forte superiore ai 50 km/h.

Intorno al giorno 11 si evidenzia un moderato flusso caldo umido sud-orientale legato a una circolazione meridionale proveniente dal Tirreno (con lieve apporto di sabbia Sahariana) e a seguire una settimana caratterizzata da vari passaggi instabili/perturbati con precipitazioni praticamente quotidiane, temperature piuttosto basse (valori inferiori alla climatologia anche di 6 °C) e forte ventilazione: il vento tende a rinforzarsi tra il 14 e il 17/11 con raffiche che raggiungono intensità tra moderate e forti (fino a 100 km/h).

Segue poi una nuova fase di maltempo, tra il 22 e il 24, con significativi richiami umidi dal Mediterraneo occidentale, verso il sud della Francia e le zone tirreniche/liguri che comportano un'allerta rossa estesa a tutta la Liguria: si osserva un modesto apporto sabbioso il giorno 23 novembre proveniente dal Tirreno verso il Levante, legato al forte gradiente barico che, esteso su tutto il Mediterraneo occidentale, innesca richiami caldo umidi meridionali dal nord Africa.

Sulla costa spezzina, questi richiami di aria umida danno luogo a cumulate meno significative rispetto al centro ponente della Liguria anche se associati a rinforzi del vento (a La Spezia raffiche di 70 km/h da sud-est); seguono intensità meno importanti nella prima decade di dicembre, ad eccezione del 9-10 del mese, quando si registrano punte massime di 36 km/h (raffiche moderate) dai quadranti settentrionali. Le precipitazioni, a fine mese e successivamente con l'inizio di dicembre, seguono valori giornalieri meno importanti (quantitativi inferiori a 7 mm/giorno) fatto salvo un picco prossimo ai 50 sulle 24 ore nella postazione in comune di Follo.



3.2 Andamento della temperatura e dell'umidità

Nelle figure che seguono sono riportati, nei quattro periodi di monitoraggio, gli andamenti di temperatura ed umidità misurati presso la postazione meteo del Comune della Spezia, rappresentativa del tessuto urbano e presso Monte Beverone, indicativa della zona collinare intorno e rappresentativa anche di un'area più estesa.



Figura 3 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 19/1.



Figura 4 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 19/2.



Figura 5 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 19/3.



Figura 6 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 19/4.



Figura 7 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 19/1.

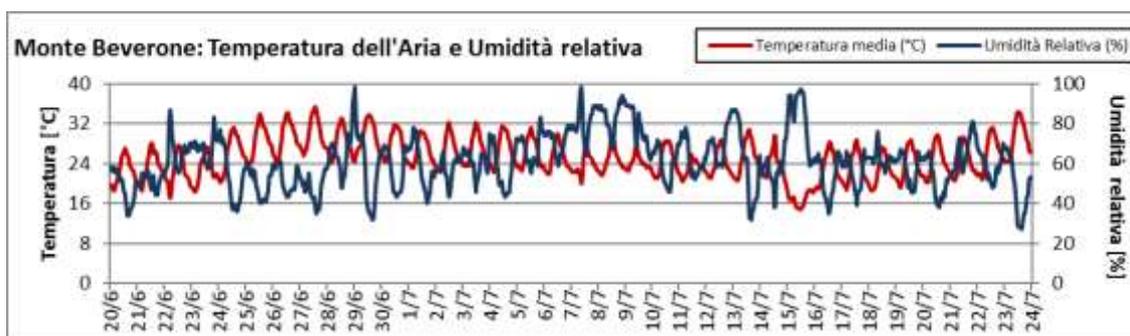


Figura 8 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 19/2.

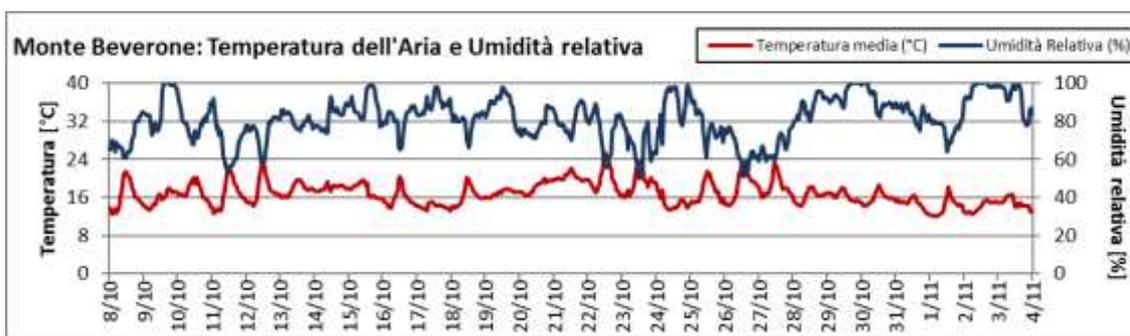


Figura 9 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 19/3.



Figura 10 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 19/4.

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

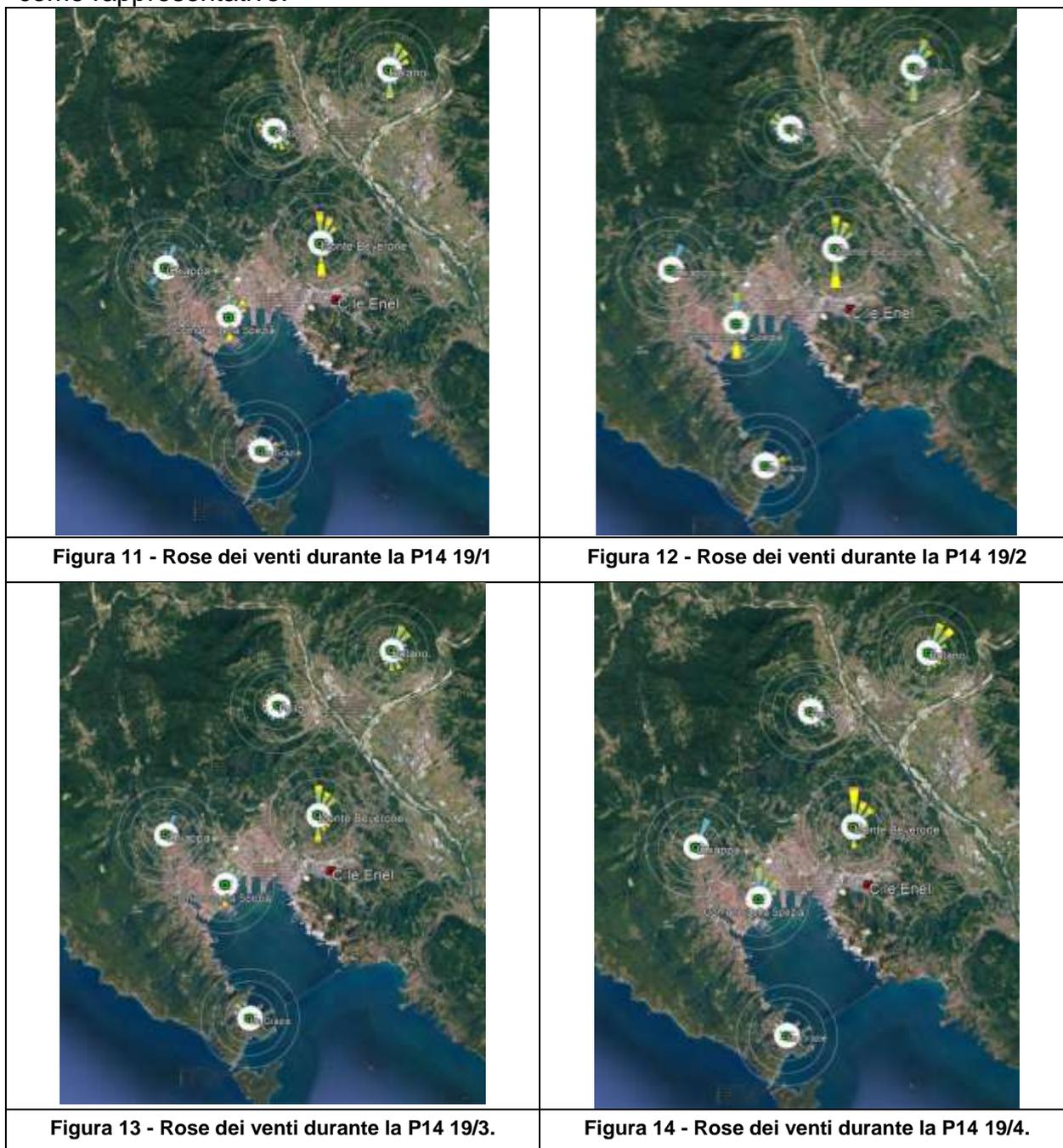
Comune della Spezia				
	primaverile	estiva	autunno	invernale
	P14 19/1	P14 19/2	P14 19/3	P14 19/4
Temperatura (°C)				
media	13	26	18	12
minimo	5	17	13	6
massimo	21	37	27	22
mediana	13	27	18	12
Umidità (%)				
media	58	57	75	72
minimo	18	23	39	17
massimo	92	87	95	92
mediana	62	57	76	76

Tabella 8 – Indici statistici meteorologici Comune della Spezia.

Tutte le campagne sono state caratterizzate da temperature mediamente sopra la norma, in particolare nella campagne estiva ed autunnale con valori anche più elevati di quelli rilevati nei corrispettivi periodi dell'anno precedente.

3.3 Anemometria

Di seguito sono riportate le Rose dei Venti geolocalizzate sulle postazioni individuate come rappresentative:



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 in prevalenza dai quadranti settentrionali in inverno ed in autunno, dai quadranti meridionali in primavera ed estate, quando sono molto ben evidenti i regimi di brezza.

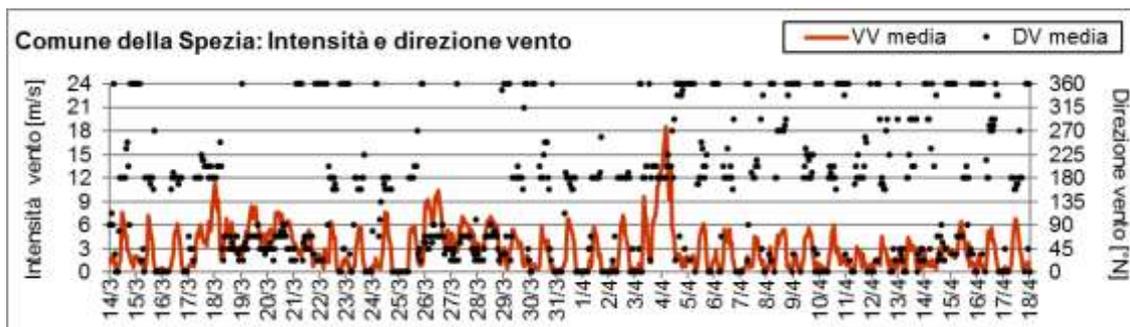


Figura 15 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 19/1 (Comune della Spezia).

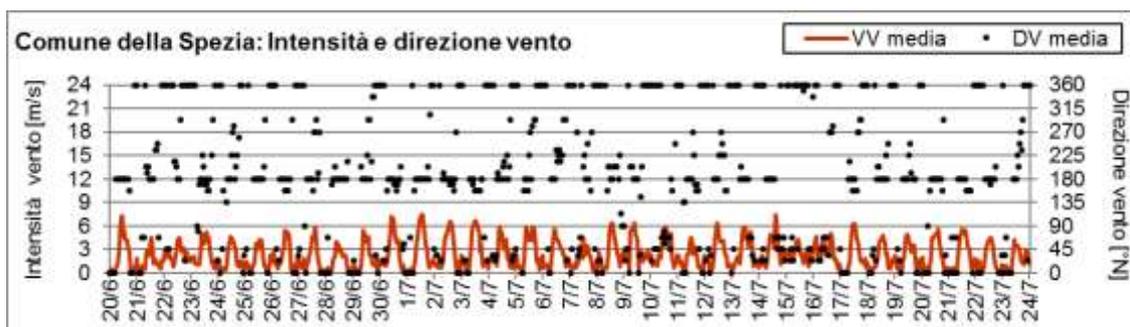


Figura 16 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 19/2 (Comune della Spezia).

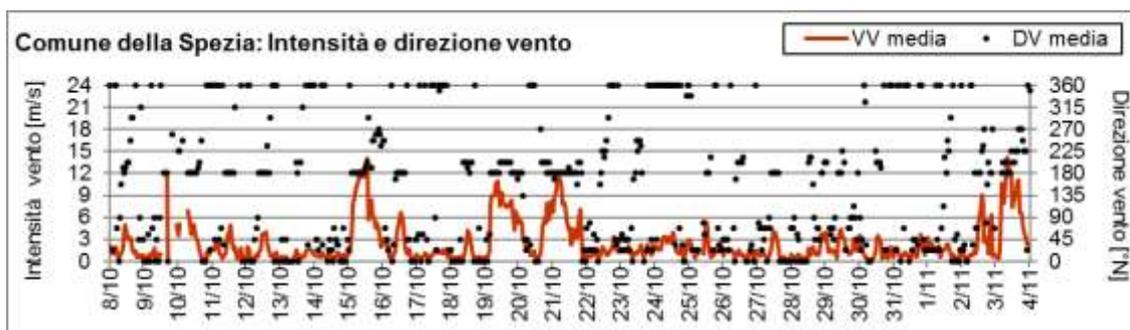


Figura 17 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 19/3 (Comune della Spezia).

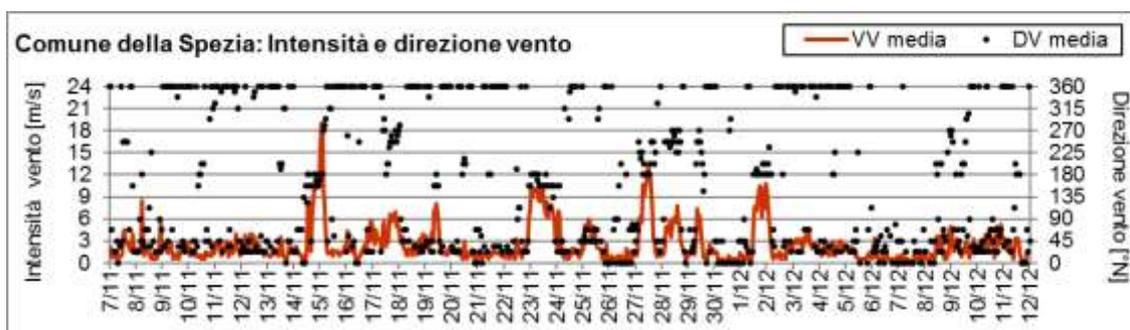


Figura 18 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 19/4 (Comune della Spezia).

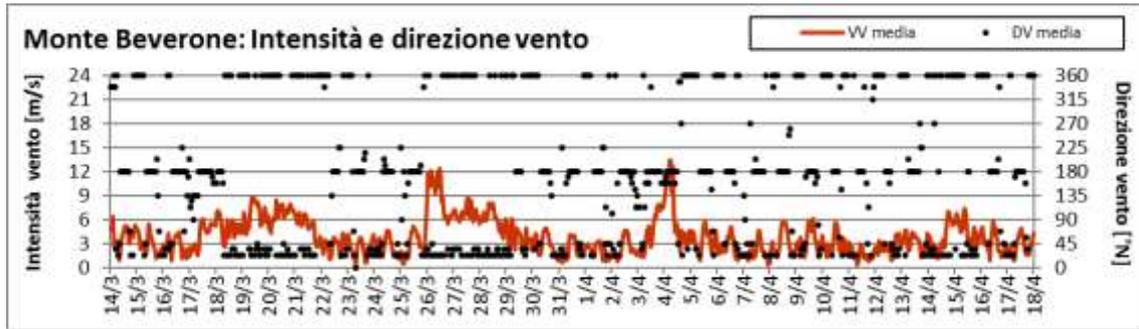


Figura 19 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 19/1 (Monte Beverone).

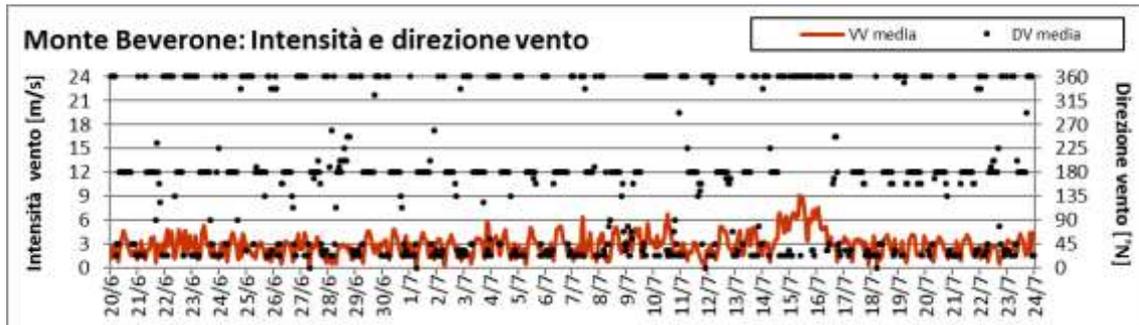


Figura 20 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 19/2 (Monte Beverone).

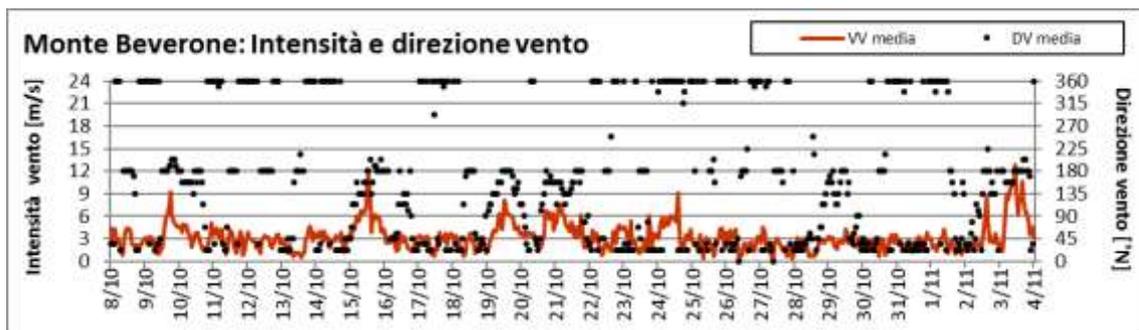


Figura 21 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 19/3 (Monte Beverone).

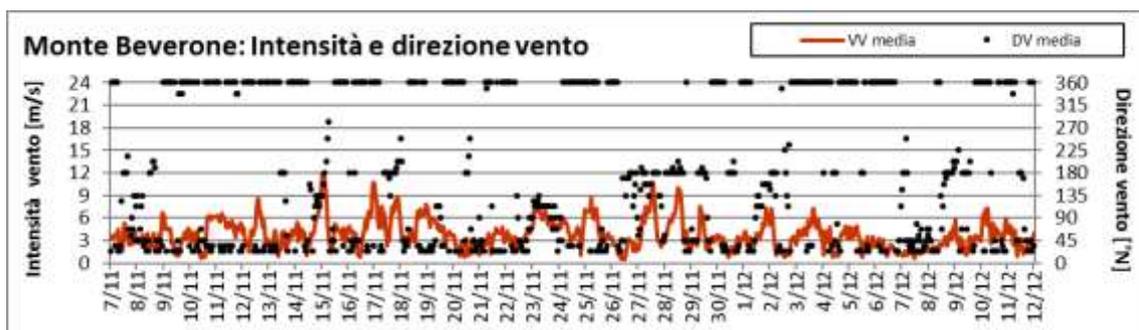


Figura 22 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 19/4 (Monte Beverone).

Nei precedenti grafici sono riportati gli andamenti temporali nei quattro periodi di monitoraggio della centralina meteo del Comune della Spezia e di quelli di Monte Beverone.

In modo più marcato nella campagna estiva, ma comunque in generale in assenza di situazioni di forzanti a scala sinottica, è ben visibile la ciclicità nell'intensità e direzione del vento (legata per l'appunto ai meccanismi di brezza) con punte anche oltre i 4 m/s in estate quando le termiche sono più intense e lievemente superiori nella postazione del Comune.

La figura che segue riassume la frequenza di ore con differenti velocità di vento nelle campagne di monitoraggio. Risulta evidente la differenza dell'andamento della velocità del vento nelle varie campagne ed in particolare tra le due postazioni, con una diversa distribuzione delle intensità e valori mediamente più alti nella postazione del Monte Beverone, posta ad una quota più elevata.

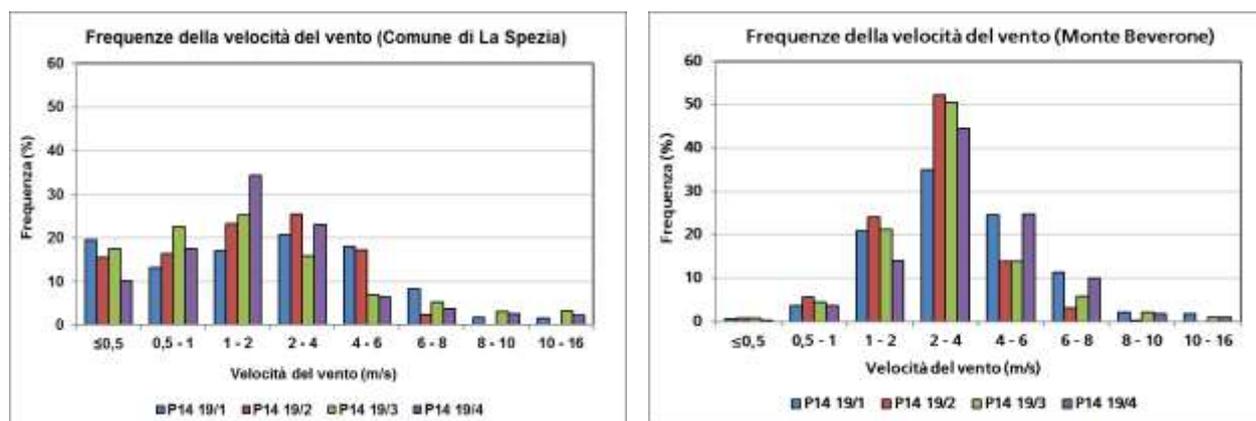


Figura 23 - Frequenze della velocità del vento nei quattro periodi di monitoraggio (2019).

Dall'analisi della figure precedenti e della successiva Tabella 9 risulta che, 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 con intensità superiore ai 8 m/s in tutte le campagne, fatto salva quella estiva.

Tutti questi eventi potrebbero giustificare una maggiore dispersione di polveri sedimentabili, con una conseguente minore deposizione.

Velocità vento [m/s] - Comune della Spezia									
Campagna	Ore totali	≤0,5	0,5-1	1-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-16
P14 19/1	861	168	113	147	178	155	71	15	14
P14 19/2	840	130	137	195	213	144	21	0	0
P14 19/3	659	116	149	166	105	46	35	20	22
P14 19/4	862	87	151	296	199	56	32	22	19

Velocità vento [m/s] - Monte Beverone									
Campagna	Ore totali	≤0,5	0,5-1	1-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-16
P14 19/1	864	5	31	180	302	213	98	19	16
P14 19/2	840	7	48	202	439	116	26	2	0
P14 19/3	672	5	30	143	340	93	39	15	7
P14 19/4	864	2	32	122	384	214	87	15	8

Tabella 9 – Numero di ore con differenti velocità del vento nelle campagne di monitoraggio.

3.4 Precipitazioni

Nel seguito è mostrata una tabella riepilogativa delle precipitazioni registrate nel corso delle campagne di monitoraggio.

Comune della Spezia				
	Campagna P14 19/1	Campagna P14 19/2	Campagna P14 19/3	Campagna P14 19/4
N° eventi meteorici	3	2	5	7
N° giorni totali	11	4	13	24
Precipitazione totale [mm]	135,2	48,8	193,6	237,0

La Foce - Monteviseggi				
	Campagna P14 19/1	Campagna P14 19/2	Campagna P14 19/3	Campagna P14 19/4
N° eventi meteorici	4	3	6	4
N° giorni totali	13	5	18	28
Precipitazione totale [mm]	122,8	60,6	272,4	392,2

Fornola				
	Campagna P14 19/1	Campagna P14 19/2	Campagna P14 19/3	Campagna P14 19/4
N° eventi meteorici	5	3	6	3
N° giorni totali	13	4	18	32
Precipitazione totale [mm]	191,4	52,6	219,0	335,8

Tabella 10 – Precipitazione cumulata misurata a Comune della Spezia, La Foce- Monte Viseggi e Fornola (mm).

Nei grafici successivi è mostrato l'andamento temporale degli eventi di precipitazione nelle campagne di monitoraggio:

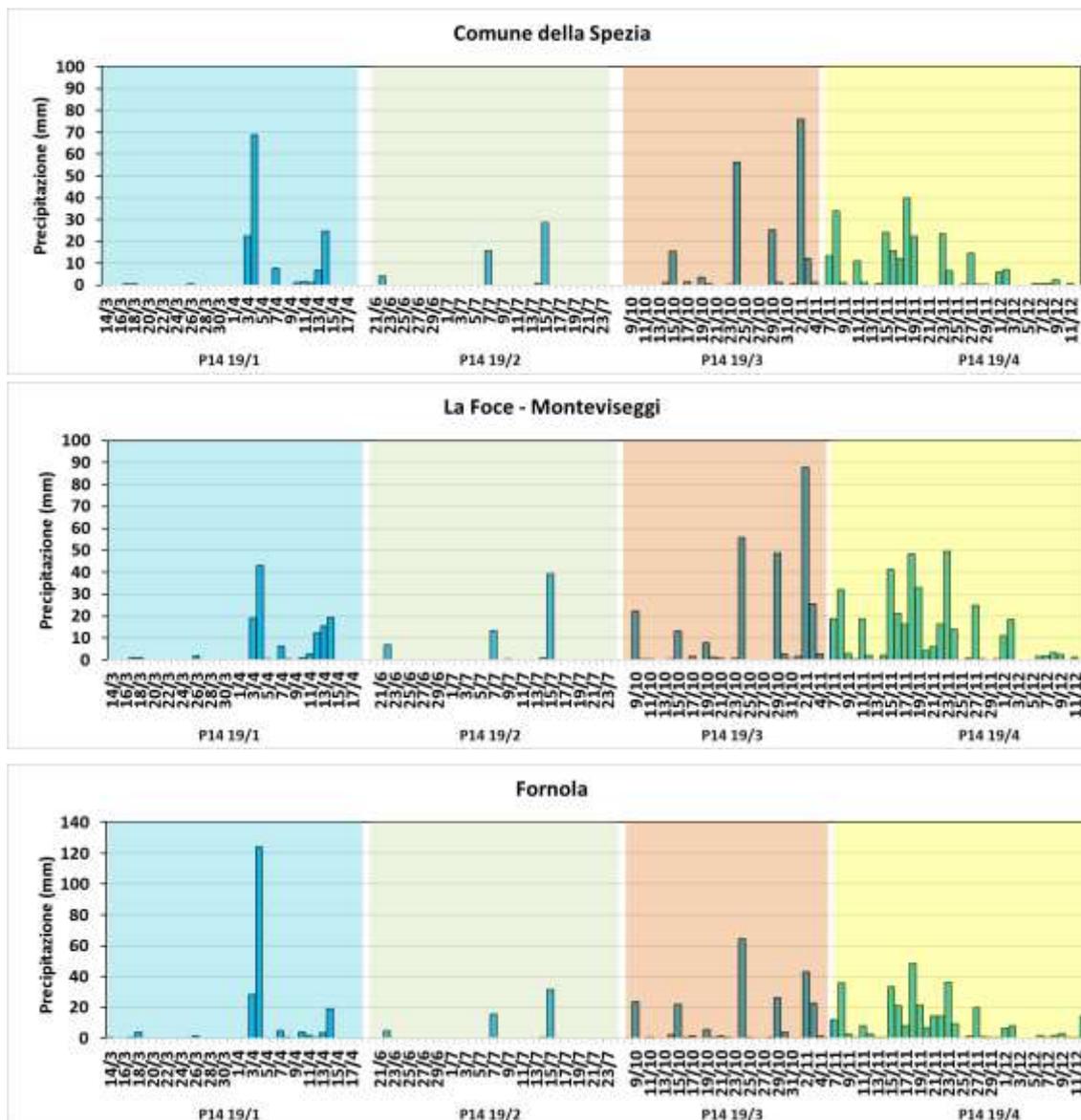


Figura 24 - Precipitazioni durante il periodo delle campagne del 2019.

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

- Campagna **P14 19/1**: si sono registrati numerosi eventi precipitativi con valori cumulati in linea con la climatologia;
- Campagna **P14 19/2**: si sono avuti pochissimi eventi di pioggia, con valori di cumulata in linea con la stagione estiva e legati ad eventi temporaleschi;
- Campagna **P14 19/3** e **P14 19/4**: in entrambe queste campagne la cumulata più rilevante si è registrata nell'area collinare del Golfo, con significative differenze tra le due stazioni di La Foce e Comune, situate a poca distanza tra di loro.

3.4.1 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 organici precipitazione [mm]	Deposimetri inorganici precipitazione [mm]
Campagna P14 19/1					
Bolano	BL	14/03/2019	18/04/2019	243	211
Follo	FL	14/03/2019	18/04/2019	212	201
Arcola	AR	14/03/2019	18/04/2019	221	216
Le Grazie	LG	14/03/2019	18/04/2019	233	213
Chiappa	CH	14/03/2019	18/04/2019	146	134
Maggiolina	MG	14/03/2019	18/04/2019	221	243
Saint Bon	SB	14/03/2019	18/04/2019	171	153
Melara	ME	14/03/2019	18/04/2019	227	188
Fossamastra	FS	14/03/2019	18/04/2019	212	194
Campagna P14 19/2					
Bolano	BL	20/06/2019	24/07/2019	99	58
Follo	FL	20/06/2019	24/07/2019	100	75
Arcola	AR	20/06/2019	24/07/2019	76	62
Le Grazie	LG	20/06/2019	24/07/2019	53	32
Chiappa	CH	20/06/2019	24/07/2019	78	62
Maggiolina	MG	20/06/2019	24/07/2019	73	62
Saint Bon	SB	20/06/2019	24/07/2019	73	54
Melara	ME	20/06/2019	24/07/2019	70	52
Fossamastra	FS	20/06/2019	24/07/2019	67	53
Campagna P14 19/3					
Bolano	BL	08/10/2019	04/11/2019	303	340
Follo	FL	08/10/2019	04/11/2019	303	323
Arcola	AR	08/10/2019	04/11/2019	273	261
Le Grazie	LG	08/10/2019	04/11/2019	273	286
Chiappa	CH	08/10/2019	04/11/2019	303	302
Maggiolina	MG	08/10/2019	04/11/2019	303	284
Saint Bon	SB	08/10/2019	04/11/2019	303	318
Melara	ME	08/10/2019	04/11/2019	243	278
Fossamastra	FS	08/10/2019	04/11/2019	303	280
Campagna P14 19/4					
Bolano	BL	07/11/2019	12/12/2019	509	482
Follo	FL	07/11/2019	12/12/2019	458	396
Arcola	AR	07/11/2019	12/12/2019	382	350
Le Grazie	LG	07/11/2019	12/12/2019	364	322
Chiappa	CH	07/11/2019	12/12/2019	523	490
Maggiolina	MG	07/11/2019	12/12/2019	non disponibile	non disponibile
Saint Bon	SB	07/11/2019	12/12/2019	454	400
Melara	ME	07/11/2019	12/12/2019	382	370
Fossamastra	FS	07/11/2019	12/12/2019	388	377

Tabella 11 - Entità delle precipitazioni raccolte dai deposimetri. Valori in mm.

Nel corso della campagna estiva, la quantità di precipitazione raccolta è stata di gran lunga inferiore rispetto alle altre campagne: pertanto le differenze rilevate in alcuni casi tra le due tipologie di raccoglitori, molto contenute in termini assolute ma rilevanti in termini percentuali, possono essere ricondotte probabilmente ad una diversa evaporazione, a causa dei materiali che li costituiscono (plastica per gli inorganici, vetro per gli organici) e ai fattori di forma degli imbusti con collo di diametro 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:

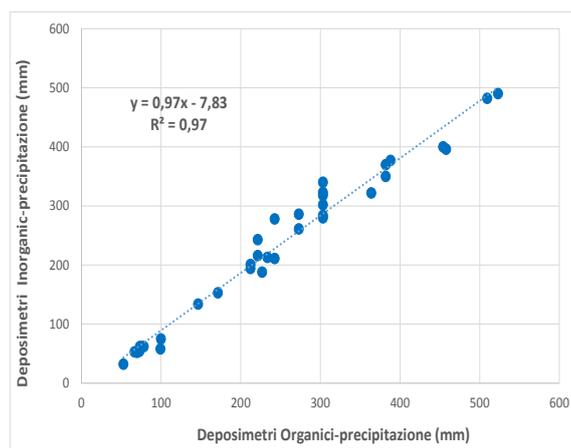


Figura 25 – Correlazione tra le precipitazioni raccolte dai deposimetri installati in parallelo.

Come già in passato, a parte singoli e limitati casi, probabilmente legati all'intensità delle precipitazioni e alla turbolenza atmosferica, la correlazione appare ottima 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 ed inorganici nelle quattro campagne:

Campagna	n	Media	Dev. Std	Mediana	Minimo	Massimo
P14 19/1	18	202	32	212	243	134
P14 19/2	18	67	16	64	100	32
P14 19/3	18	293	23	303	340	243
P14 19/4	18	415	61	392	523	322

Tabella 12 - Valori statistici delle deposizioni umide raccolte nei deposimetri.

Risulta evidente l'estrema variabilità delle precipitazioni: si sono rilevati in media circa 70 mm nella campagna estiva ed oltre 400 mm in quella invernale, passando per i 200 mm nella primaverile e per i 300 mm nell'autunnale.

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

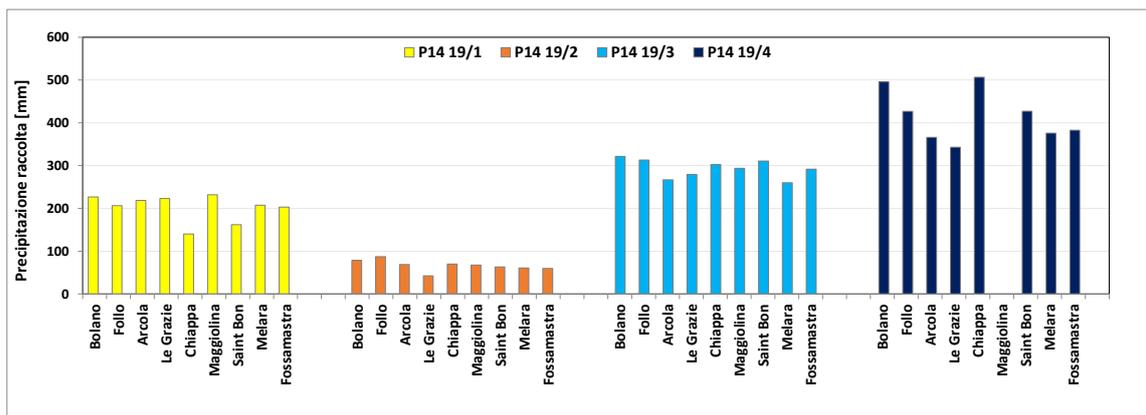


Figura 26 – Precipitazioni medie raccolte dai deposimetri durante i quattro periodi di monitoraggio.

È evidente come i valori più elevati si siano riscontrati quasi sempre nelle postazioni della val di Magra, in particolare a Bolano e a Follo e come la campagna **P14 19/4**, abbia evidenziato i valori più elevati a causa del maltempo occorso per gran parte del mese di novembre.

3.5 Caratteristiche meteo generali delle campagne suppletive effettuate a Melara

Nel seguito sono descritte le principali caratteristiche meteorologiche delle sette campagne di monitoraggio integrative, che hanno consentito di verificare con continuità nel corso dell'anno 2019, 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 del Comune della Spezia.

Campagna	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Precipitazione raccolta [mm]	Precipitazione Stazione La Spezia Comune [mm]
ME_A_P14 19	17/12/2018	15/01/2019	29	36	40
ME_B_P14 19	15/01/2019	14/02/2019	30	222	124
ME_C_P14 19	14/02/2019	14/03/2019	28	44	30
ME_D_P14 19	18/04/2019	22/05/2019	34	219	128
ME_E_P14 19	22/05/2019	20/06/2019	29	125	56
ME_F_P14 19	24/07/2019	05/09/2019	43	130	53
ME_G_P14 19	05/09/2019	08/10/2019	33	148	96

Tabella 13 – Precipitazione cumulata misurata a Comune della Spezia e con il deposimetro di Melara (mm).

Per completare la copertura annuale, un'ulteriore campagna è stata effettuata a partire dal 12/12/19. Essendosi però svolta in parte anche nel corso del mese di gennaio 2020, la stessa, sarà elaborata e discussa in occasione del prossimo Rapporto.

3.5.1 La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/A (17/12/2018 ÷ 15/01/2019)

L'inizio del periodo ha visto la presenza di correnti più fresche continentali sulla Liguria associate a qualche piovasco poco significativo. Dopo un temporaneo aumento della pressione, già dal giorno 19 si è assistito ad un peggioramento con piogge diffuse in rapida estensione da ponente su tutta la regione; a seguire, tra 20 e 22, si registrano deboli rovesci sullo spezzino con un calo termico sia in costa che sui rilievi.

Il vento è stato protagonista di questo inizio campagna, con valori massimi che hanno raggiunto raffiche moderate dai quadranti nord-orientali sui 25 e 28 km/h (il 17 e 18 dicembre) e verso 21 e 22 dicembre hanno toccato raffiche di burrasca da sud-ovest tra 50 e 60 km/h, accompagnate da mare molto mosso o localmente agitato. Verso il 24 dicembre si osservano rinforzi del vento con raffiche fino a 47 km/h dai quadranti settentrionali a causa di un veloce passaggio.

A partire dal 25/12 il periodo trascorre all'insegna del clima mite e assenza di precipitazioni a La Spezia e in gran parte della regione.

L'ultima settimana del 2018 è caratterizzata da clima secco con l'alta pressione dominando la scena senza alcuna precipitazione. Anche la prima settimana del 2019, dal punto di vista meteo è allineata con quella precedente in quanto caratterizzata da un clima prevalentemente secco. Si sono susseguite giornate stabili e in prevalenza soleggiate ma, almeno nella prima parte, assai ventose caratterizzate, tra il 2 ed il 3 gennaio, in costa, da venti settentrionali con raffiche di burrasca/burrasca forte sulla costa (tra 50 e 80 km/h) e massimi oltre 70 km/h da NE a Spezia.

In questo quadro di venti settentrionali, si segnala il 3 un rialzo termico con massime elevate per la stagione a Levante e La Spezia (rispettivamente 19 e 16 °C) per effetto di un possibile vento di föhn. A seguire, un calo termico associato a tempo ancora in prevalenza stabile e soleggiato con raffiche di burrasca/burrasca forte e condizioni di disagio fisiologico per freddo, legate a un'irruzione di aria artica sulla Penisola che ha interessato solo marginalmente la Liguria.

La successiva entrata di correnti balcaniche attorno al 10-11 gennaio ha comportato ancora venti moderati con punte fino a 30 km/h sullo spezzino e un ulteriore calo termico, associato senza fenomeni precipitativi in costa.

3.5.2 La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/B (15/01/2019 ÷ 14/02/2019)

La campagna inizia in uno scenario di cielo limpido e terso, con temperature ben al di sopra della media grazie alle Alpi che proteggono ancora la Liguria dalla discesa dei fronti e aria polare. Già il 16, una perturbazione ancora sulle coste occidentali europee provoca la rotazione del flusso dai quadranti meridionali sulla Liguria, interrompendo la fase di bel tempo e causando un aumento delle nubi con precipitazioni diffuse.

La seconda decade del mese, termina con l'ingresso di aria fredda, che comporta un rinforzo dei venti e l'instaurarsi di un'anomalia termica negativa sul nord Italia e Liguria ed un rapido passaggio di una piccola onda dando vita a precipitazioni sotto forma di rovesci anche temporaleschi in prevalenza sul mare e al largo del medio Levante.

L'ultima decade del mese è stata inizialmente caratterizzata da tempo soleggiato, anche se ventoso. Dal 23 si è osservato l'ingresso di una profonda saccatura con un deciso peggioramento delle condizioni atmosferiche, dapprima sul centro Nord e le zone tirreniche con maltempo e deboli piogge sullo spezzino.

Dal 25-26 gennaio si osserva un'ulteriore discesa del flusso instabile e freddo verso il Mediterraneo centrale, e dopo una breve rimonta anticiclonica, dal 29 si assiste all'aumento della copertura nuvolosa per l'avvicinarsi di un nuovo rapido fronte dalla Francia con un significativo richiamo umido che ha apportato precipitazioni anche forti e neve nell'interno della regione.

Il maltempo prosegue anche nei primi giorni di febbraio, caratterizzati da giornate grigie con residue precipitazioni e locali rovesci oltre a un rinforzo del vento e del mare da sud/sud-ovest e mareggiate anche significative sul centro Levante.

Sul finire della prima settimana di febbraio si osserva un graduale miglioramento a partire da Ponente in estensione a levante grazie all'ingresso di forti correnti settentrionali e ad una significativa rimonta anticiclonica.

3.5.3 La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/C (14/02/2019 ÷ 14/03/2019)

La configurazione meteo è caratterizzata da una rimonta anticiclonica ad inizio campagna che perdura per gran parte della seconda metà del mese di febbraio; si segnala intorno al 22-23, un'irruzione di aria fredda continentale dalla Russia che dai Balcani si è diretta verso il meridione italiano, attivando una profonda circolazione depressionaria tra le zone ioniche e il nord Africa; questa configurazione verso il 24-25 ha causato un intenso maltempo nel meridione, caratterizzato da burrasche e episodi di neve a bassa quota. Il nord italiano (e le zone nord-occidentali) invece ha goduto di un effetto protettivo indotto dalle Alpi (con episodi di fohn) che ha comportato scarse precipitazioni per gran parte di febbraio.

Il passaggio tra inverno e primavera meteorologica (tra il 25 febbraio e il 3 marzo) è caratterizzato da giornate soleggiate ed eccezionalmente miti per il periodo. Si evidenzia un'assenza di precipitazioni che caratterizza ormai gran parte del territorio regionale, dopo le significative precipitazioni di inizio febbraio. Su gran parte dell'Europa si registrano condizioni di tempo soleggiato grazie ad una significativa rimonta

anticiclonica, con massimi di pressione prossimi ai 1040 hPa, proprio in concomitanza con l'inizio della primavera.

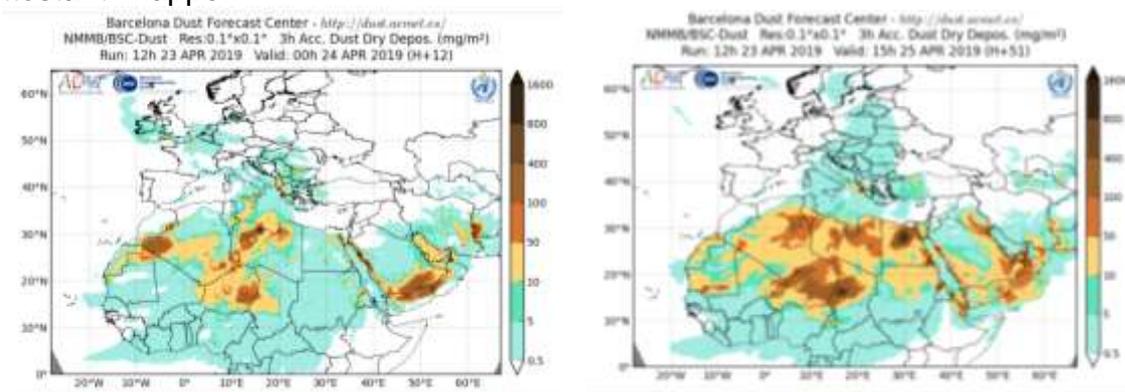
Nell'ultima decade della campagna, si registrano raffiche moderate e forti, per effetto del passaggio di diversi sistemi frontali da nord-ovest che, comportano rinforzi di libeccio intenso con condizioni di mare agitato verso il 7 e successivamente verso il 11 e 13 marzo; si registrano le giornate più ventose alla Spezia con raffiche di burrasca rispettivamente di 76 km/h e 68 km/h dai quadranti sud-occidentali e condizioni di mari fino a molto mossi o agitati.

Le precipitazioni sul golfo della Spezia nel periodo sono generalmente assenti e restano confinate a fine campagna, in particolare tra il 10 e 13 marzo, con valori scarsi rispettivamente (7 mm e 21 mm/24 h) e valori più elevati sulla cinta collinare (34 mm/24h il giorno 10 a Montalbano) e in val Magra.

3.5.4 La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/D (18/04/2019 ÷ 22/05/2019)

Il periodo di monitoraggio si apre con la presenza di una depressione che, centrata sull'Europa centro-occidentale, interessa anche il Mediterraneo e la Penisola italiana e favorisce l'innescarsi di un flusso meridionale: da questa configurazione si ha tempo instabile con precipitazioni caratterizzate da quantitativi anche elevati.

Dopo un temporaneo miglioramento, segue verso il 24 aprile, un nuovo transito frontale associato a prevalenti condizioni di Libeccio ed episodi temporaleschi. In questo contesto di flusso meridionale (con raffiche di intensità forte e di burrasca tra ESE e SSW) si assiste ad una avvezione Sahariana degna di evidenza, come risulta dalle sottostanti mappe.



Successivamente, tra il 29 aprile e il 5 maggio, si osserva il passaggio verso condizioni più marcatamente primaverili, tempo soleggiato, spesso interrotto dalla discesa di impulsi perturbati; questi associati a rovesci e temporali, con precipitazioni più significative verso il 3/05, nell'interno del centro Levante (con quantitativi elevati oltre i 70 mm nella bassa val di Vara), seguiti il 4 e 5 maggio, da un tempo assai variabile e decisamente instabile, con trombe d'aria nello spezzino e un brusco calo termico, caratterizzato anche dalla comparsa della neve sull'Appennino fino a 500-700 metri.

I venti risultano più intensi nei primi 15 giorni di maggio, facendo osservare raffiche d'intensità tra 36 km/h e 54 km/h il 2, 3, 5, 8, 12,13 (raffiche tra moderate e forti). Le raffiche massime registrate il 5 e 13 maggio, raggiungono punte di burrasca e si attestano a 65 km/h dal quadrante NNE. La rianalisi NOAA della temperatura a 1500 metri, evidenzia un «corridoio freddo», con asse da nord-ovest verso sud-est, legato all'aria atlantica, mostrando, ai bassi livelli, anomalie termiche tra -3 e -6 gradi sotto l'atteso, sull'Europa centro-orientale e l'Italia, zona dove la neve, infatti, ricompare a quote relativamente basse.

Il periodo tra il 13 e il 20 maggio mostra un dominio prevalentemente ciclonico sull'Europa meridionale e l'area mediterranea, associato a impulsi instabili legati ad aria più fresca per il periodo. Sul Mediterraneo e l'Italia in particolare, si è avuto tempo a tratti instabile.

Segue un nuovo peggioramento a partire dal nord Italia verso il 18-20 maggio: si assiste infatti al dominio di una circolazione prevalentemente ciclonica sull'Europa meridionale e sull'area mediterranea, alla quale sono associati impulsi instabili e perturbati legati ad aria più fresca.

Il risultato di questo scenario produce sulla Liguria un clima decisamente autunnale, valori termici bassi per il periodo e piovoschi diffusi.

Sullo spezzino costiero ha piovuto il 18, 19 e 20 maggio anche se con quantitativi decisamente scarsi.

3.5.5 La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/E (22/05/2019 ÷ 20/06/2019)

Dopo una breve pausa del maltempo che aveva segnato l'ultima parte della campagna precedente, si segnalano, tra il 28 e 29 maggio, forti temporali specie sul levante ligure (con allagamenti a Lerici dove si sono rilevate cumulate superiori a 50 mm in 24 ore).

In concomitanza con l'inizio dell'estate meteorologica, si assiste all'espansione dell'Anticiclone che spinge gradualmente la circolazione depressionaria che ha interessato nei giorni precedenti la Liguria, verso l'Adriatico e i Balcani, riportando condizioni di stabilità su tutta la regione.

In primo luogo, si rileva un significativo balzo verso l'alto delle temperature: la rianalisi del geopotenziale a 850 hPa evidenzia come l'anticiclone tenda ad affermarsi sull'Europa centro- occidentale posizionandosi lungo i meridiani e comportando richiami caldo-umidi più decisi dal nord Africa (di origine sub tropicale) facendo aumentare le temperature anche oltre i 30 °C.

Condizioni di bel tempo, venti deboli in regime di brezza e precipitazioni praticamente assenti, caratterizzano il restante periodo di monitoraggio con la stabilità atmosferica che raggiunge il suo massimo intorno alla fine della seconda decade. Nel grafico che segue sono rappresentati i valori disponibili dell'attività BETA associabile ai prodotti di decadimento del Radon rilevati con il campionatore SWAM: 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 portato alla quasi totale scomparsa del ciclo giorno/notte, nelle fasi di tempo relativamente perturbato registrate (si veda ad esempio l'episodio intorno al 28 e 29 maggio): è evidente comunque come

le fasi di instabilità siano risultate praticamente assenti con i valori di massimo intrappolamento (dunque di PBL più basso, registrato in corrispondenza delle notti di tempo bello e stabile che hanno caratterizzato pressoché la parte di monitoraggio (sviluppatasi nel corso del mese di giugno) in coincidenza dei valori più elevati di pressione atmosferica.



3.5.6 La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/F (25/07/2019 ÷ 02/09/2019)

Il mese di luglio in cui ha inizio il monitoraggio, vede una dominanza anticiclonica di origine africana, con estremi termici sul continente, più marcati sull'Europa centro-occidentale, collegati a ondate di caldo estreme, che interessano la Penisola e la Liguria, alternata ad irruzioni più fresche dai quadranti settentrionali. Questi intensi contrasti danno vita a episodi instabili, caratterizzati da fenomeni intensi e a volte anche estremi. Lo scenario non cambia sostanzialmente neanche nella prima parte del mese di Agosto caratterizzato da temperature sopra la norma su tutta la regione, con l'unico evento di rilievo costituito dal passaggio temporalesco nella notte tra il 7 e l'8 agosto nella zona centro orientale della Liguria.

Solo nell'ultima settimana di agosto si assiste ad un cambio dello scenario meteo, con l'ingresso di aria umida e debolmente instabile di origine atlantica, che mantiene nuvolosità associata a rovesci temporaleschi sul mare e sul levante; verso fine mese, il cambio si rivela temporaneo, con un nuovo periodo caldo nonostante sia caratterizzato da marcata instabilità pomeridiana soprattutto nell'interno. La prima settimana di settembre vede, proprio in corrispondenza dell'inizio dell'autunno meteorologico, il primo vero cambio di circolazione, con l'avvio di alcune discese instabili dal nord Europa, dando luogo ad un aumento dell'instabilità.

3.5.7 La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/G (02/09/2019 ÷ 10/10/2019)

Dopo un agosto che chiude un'estate all'insegna di valori termici decisamente sopra l'atteso e qualche episodio instabile (caratterizzato da fenomeni intensi sul nord Italia), settembre ci porta nell'autunno meteorologico, caratterizzato da episodi temporaleschi, alternati a giornate soleggiate e terse con un'ottima visibilità tipica del periodo. Il mese si colloca in un contesto caratterizzato ancora da forti fluttuazioni della temperatura: a inizio mese con temperature di quasi 36 °C nello spezzino, seguiti da temporanei cali termici alla fine della prima decade, associati a tempo incerto e qualche rovescio dal volto autunnale.

Tra il 5 e l'8 settembre, a La Spezia si osservano diversi giorni di pioggia con cumulate totali superiori ai 50 mm/24 h; il 6 settembre sia registrano quantitativi massimi significativi di 36 mm/24h (significativi) legati a una discesa di aria più fredda, diretta dalla Gran Bretagna e Mar del Nord verso le zone alpine, che attivando una circolazione secondaria sull'Italia centro settentrionale, permane nei giorni successivi, anche per effetto dell'ingresso di un secondo sistema frontale intorno all'8/09.

Segue quindi una rimonta anticiclonica su gran parte del continente, fino a quasi il 20 settembre, con condizioni di tempo caldo estivo.

L'ultima decade del mese si apre all'insegna di una fase incerta e autunnale con piogge diffuse sul territorio (sulle coste spezzine non superiori ai 16 mm in due giorni) e ulteriori deboli episodi precipitativi verso il 27 e 30 del mese, con cumulate di pochi millimetri in costa alla Spezia.

Nell'ultima decade, si evidenziano ancora temperature elevate: nelle zone interne, i termometri sono arrivati anche a sfiorare i 30 gradi mentre le minime mantenute anch'esse su valori elevati con un paio di casi in cui si sono valicati i 20 gradi, limite che indica la cosiddetta "notte tropicale".

Qualche debole infiltrazione instabile si ripropone verso il 30/09 associata a venti d'intensità forte; segue un peggioramento più marcato verso il 2 ottobre, quando una circolazione atlantica si sposta dalla Gran Bretagna verso il Mediterraneo centrale, interessando l'intera Penisola con spiccato maltempo: in costa alla Spezia si registrano quantitativi giornalieri significativi (34 mm/24 h) e quantitativi elevati anche in altri tratti del Golfo (come a Portovenere e Lerici con cumulate superiori ai 70 mm/24 h). I venti raggiungono massimi di burrasca forte di circa 80 km/h dai quadranti sud-occidentali su Spezia, in concomitanza con il rapido ingresso da nord del sistema frontale.

Il periodo si chiude all'insegna di condizioni di variabilità alternata a schiarite, con cumulate scarse, ma con il vento che diventa il vero protagonista, con raffiche d'intensità forte dai quadranti nord-orientali (oltre i 50 km h alla Spezia) o di burrasca (oltre i 70 km/h a Porto Venere).

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 19/2**, **P14 19/4** 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]. Le campagne **P14 19/1** e **P1419/3** sono equivalenti a dei bianchi di campagna in quanto la centrale non è stata operativa per tutto il periodo del campionamento.

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

Durante la campagna **P14 19/1** (14/03-18/04) il gruppo SP3 non ha mai funzionato di fatto rappresentando così un bianco di campagna. L'andamento dei parametri caratteristici e dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P14 19/1** dunque non è stato riportato.

Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P14 19/2** (20/06-24/07) invece si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 417 MW ed ha avuto un transitorio di avviamento il 24/06, uno di arresto il 30/06 e di avviamento il 02/07, uno di arresto il 07/07 e di avviamento il 24/07, riportati in **Tabella 14** -

Transitori	
dalle	alle
30/06/2019 – 01:00	02/07/2019 – 06:00
07/07/2019 – 09:00	24/07/2019 – 09:00

Tabella 14 - Transitori campagna P14 19/2.

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

L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P14 19/2**, 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 131 mg/Nm³, del

parametro SO₂ è 129 mg/Nm³, del parametro polveri è 1 mg/Nm³ e del parametro CO è 46 mg/Nm³.

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

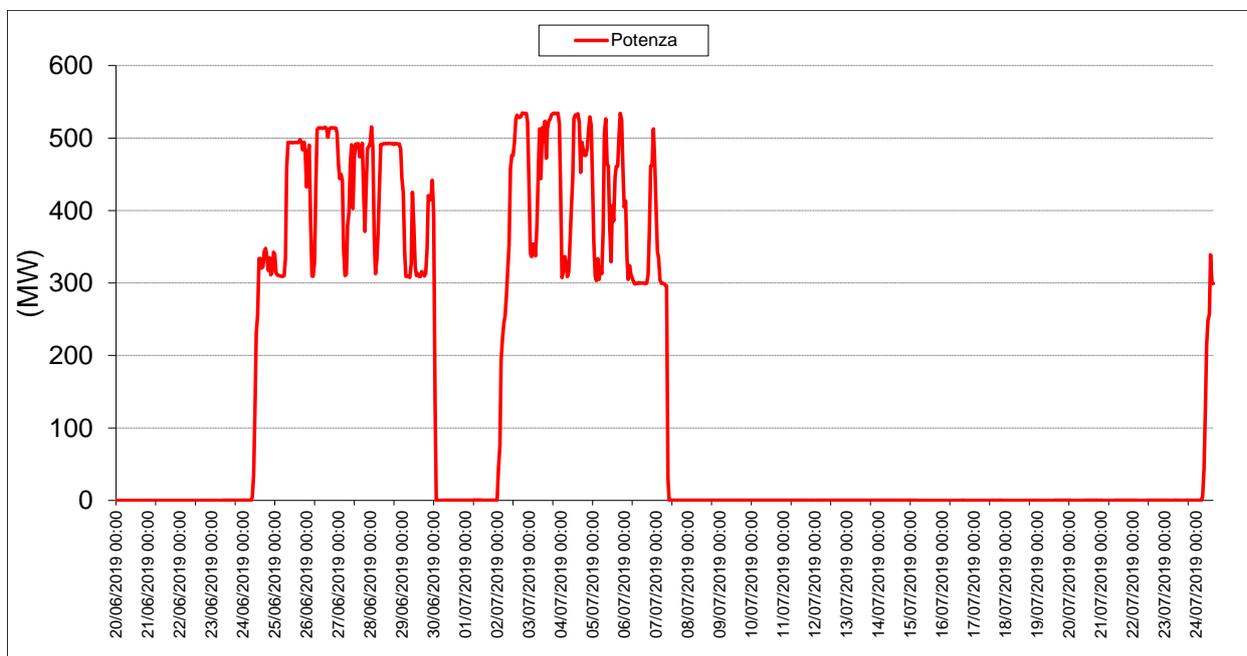


Figura 27 - Potenza generata dalla CTE durante la campagna P14 19/2.

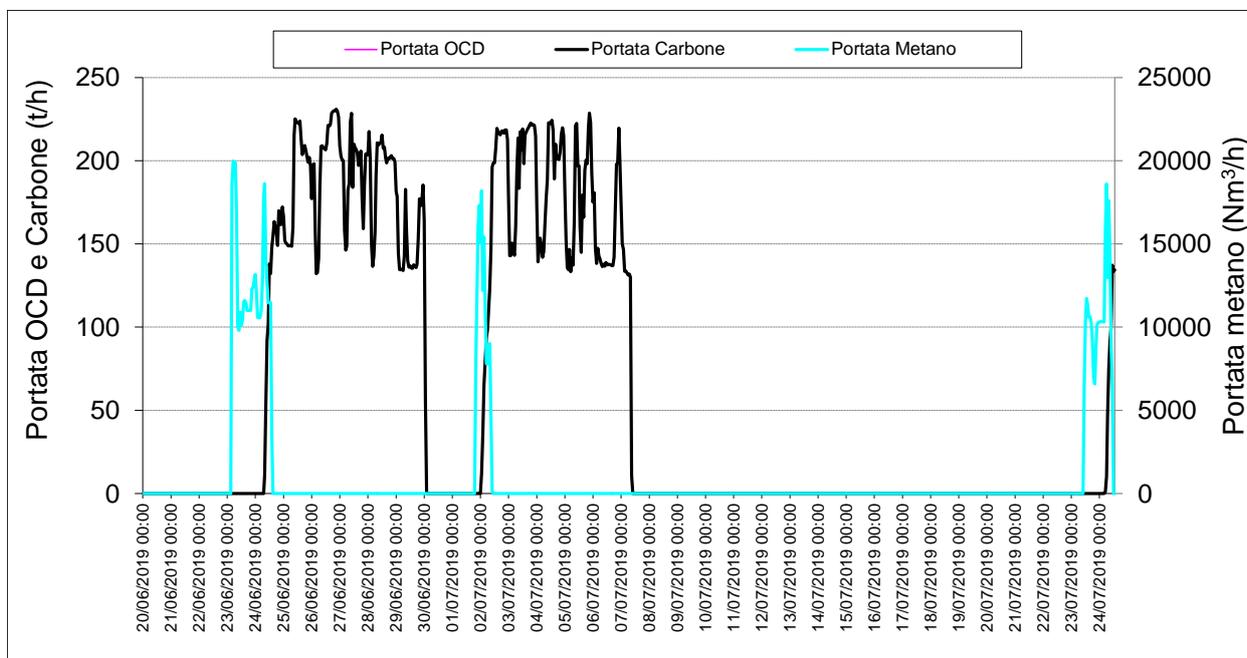


Figura 28 - Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P14 19/2.

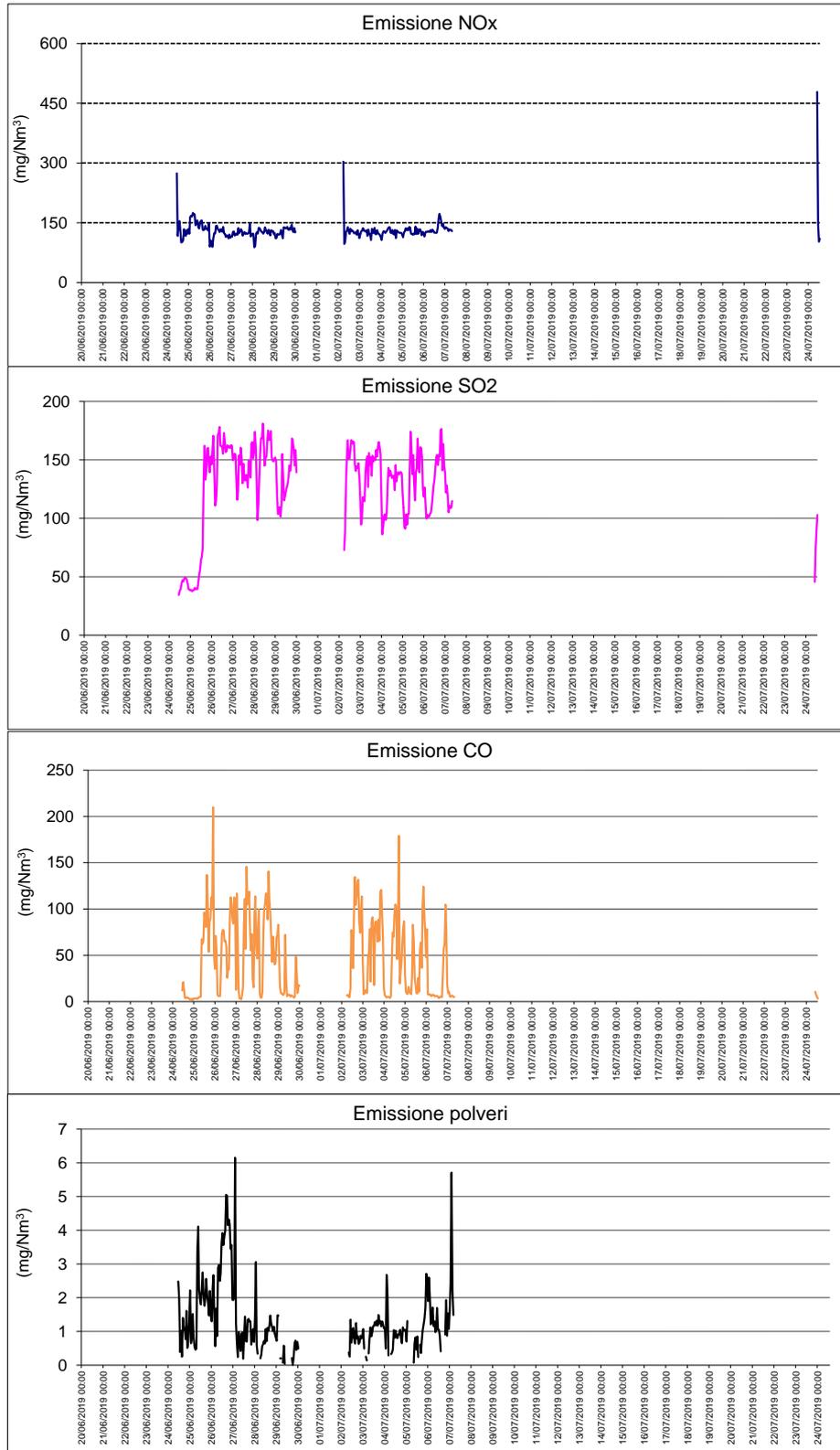


Figura 29 - Emissione di inquinanti dalla CTE nella campagna P14 19/2.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

Durante la campagna **P14 19/3** (08/10-04/11) il gruppo SP3 non ha mai funzionato di fatto rappresentando così un secondo bianco di campagna. L'andamento dei parametri caratteristici e dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P14 19/3** dunque non è stato riportato.

Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P14 19/4** (07/11-12/12), si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 417 MW e ha avuto dall'inizio della campagna un transitorio di avviamento il giorno 12/11, uno di arresto il giorno 13/11 e uno di avviamento il 14/11, uno di arresto il 15/11 e di avviamento il 20/11 e uno di arresto il 29/11 e di avviamento il 4/12 riportati in **Tabella 15**:

Transitori	
dalle	alle
13/11/2019 – 00:00	14/11/2019 – 14:00
15/11/2019 – 20:00	20/11/2018 – 03:00
29/11/2019 – 21:00	04/12/2019 – 06:00

Tabella 15– Periodi transitori nella campagna P14 19/4.

L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P14 19/4** sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro NO_x è 154 mg/Nm³, del parametro SO₂ è 159 mg/Nm³, del parametro polveri è 3 mg/Nm³ e del parametro CO è 38 mg/Nm³.

Si riportano di seguito gli andamenti dei parametri caratteristici monitorati:

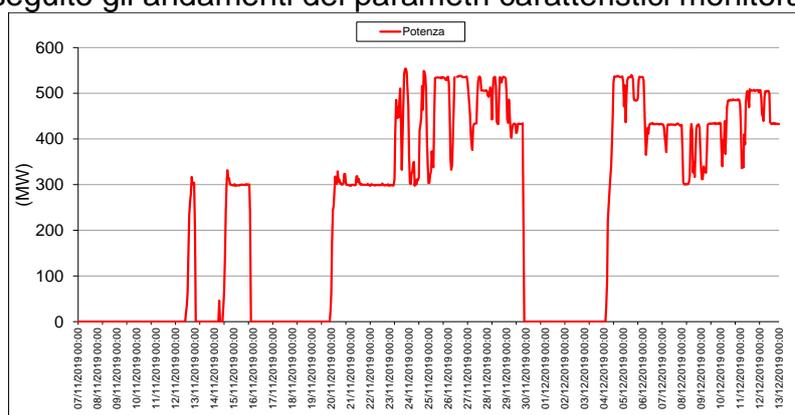


Figura 30- Potenza generata dalla CTE durante la campagna P14 19/4.

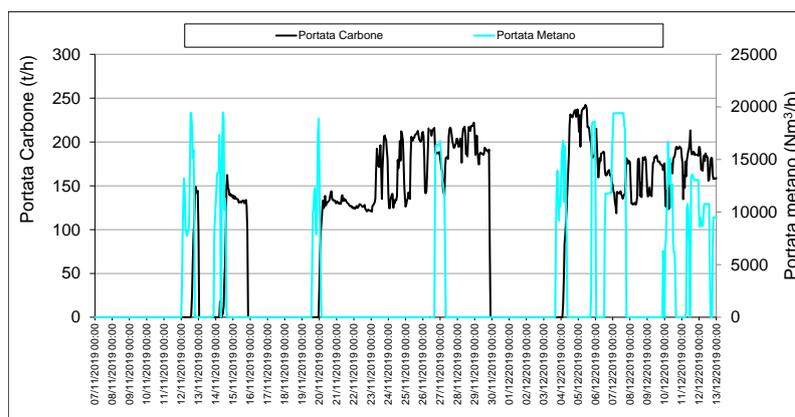


Figura 31- Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P14 19/4.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

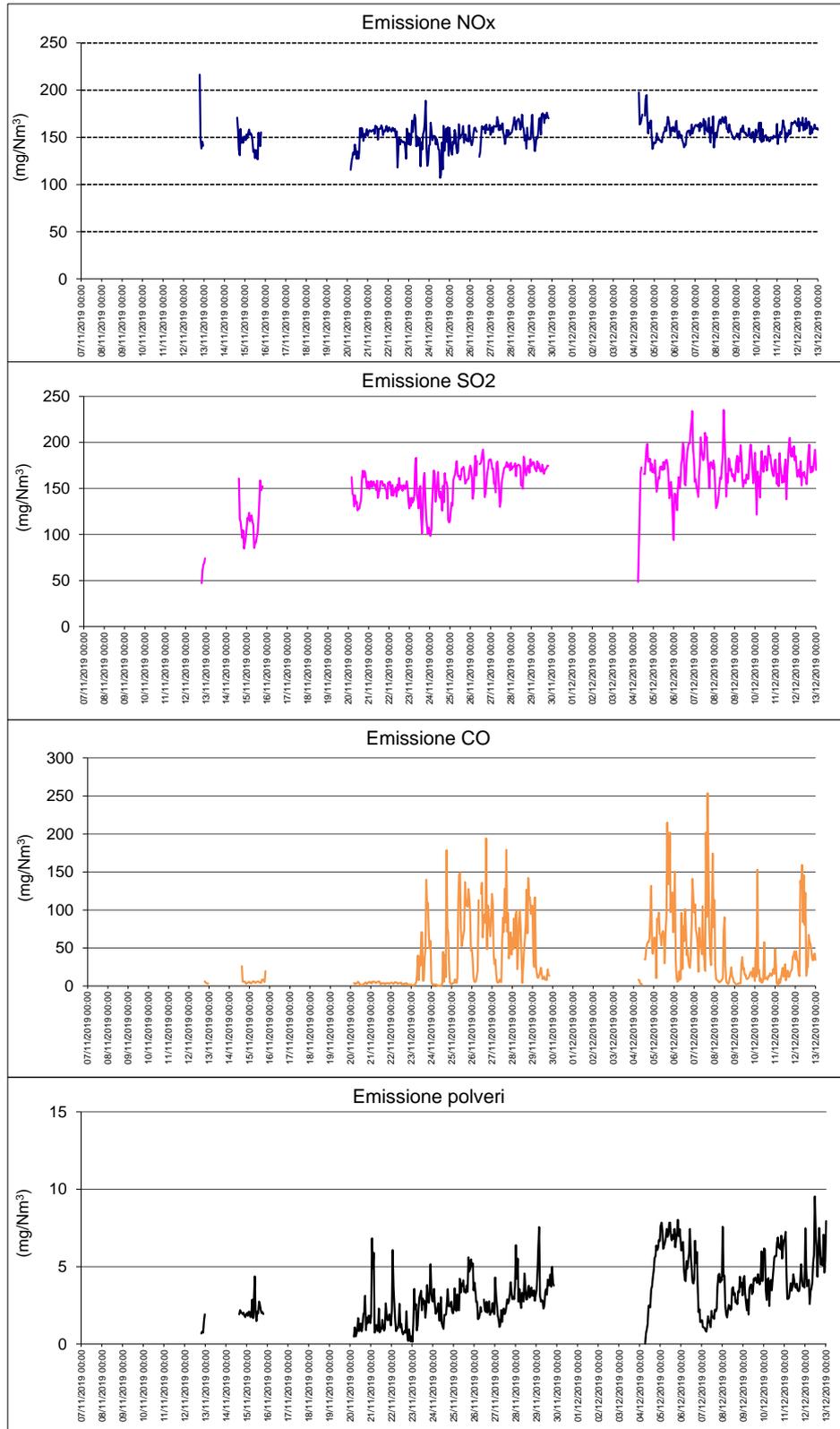


Figura 32- Emissione di inquinanti dalla CTE nella campagna P14 19/4.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

Tenendo in considerazione i periodi di fermo impianto verificatosi, si è ritenuto opportuno procedere a richiedere alla 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]	NOx [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	-	-	-	-	-
Massiche in transitorio	-	-	-	-	-
Totale periodo	-	-	-	-	-

Tabella 16 - Valori massici durante la campagna P14 19/1.

	Ore	CO [t]	SO ₂ [t]	NOx [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	293	18,6	57,77	52,19	0,46
Massiche in transitorio	-	1,82	0,54	6,57	0,02
Totale periodo	-	20,42	58,31	58,76	0,48

Tabella 17 - Valori massici durante la campagna P14 19/2.

	Ore	CO [t]	SO ₂ [t]	NOx [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	-	-	-	-	-
Massiche in transitorio	-	-	-	-	-
Totale periodo	-	-	-	-	-

Tabella 18- Valori massici durante la campagna P14 19/3.

	Ore	CO [t]	SO ₂ [t]	NOx [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	475	27,86	106,49	101,53	2,32
Massiche in transitorio	-	0,53	0,27	1,9	0,01
Totale periodo	-	28,39	106,76	103,44	2,32

Tabella 19 - Valori massici durante la campagna P14 19/4.

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 43% per la campagna **P14 19/2** e del 32% per la **P14 19/4** rispettivamente.

Si è voluto allora valutare se l'operatività della centrale nel corso delle campagne fosse in linea con l'operatività tipica di un periodo di riferimento più esteso (anno 2019). Come evidenziato nella tabella che segue, l'impianto nel corso dell'anno 2019 ha subito diversi periodi di fermata quantificabili in circa il 75% del periodo di riferimento e 25% di esercizio (274 giorni di non funzionamento e 91 giorni di funzionamento); tali periodi di fermata, come dichiarato da ENEL, nella maggior parte dei casi non sono direttamente connessi alla volontà di ENEL Produzione, ma regolamentati dal gestore del sistema elettrico nazionale.

Data inizio	Data fine
08/01/2019 07:00	20/02/2019 03:00
24/06/2019 12:00	30/06/2019 00:00
02/07/2019 06:00	07/07/2019 08:00
24/07/2019 11:00	27/07/2019 00:00
02/09/2019 10:00	06/09/2019 23:00
04/11/2019 16:00	06/11/2019 21:00
12/11/2019 18:00	12/11/2019 23:00
14/11/2019 15:00	15/11/2019 19:00
20/11/2019 04:00	29/11/2019 20:00
04/12/2019 07:00	21/12/2019 00:00
08/01/2019 07:00	20/02/2019 03:00
24/06/2019 12:00	30/06/2019 00:00
31/12/2018 23:00	31/12/2018 23:00

Tabella 20 – Periodo di esercizio del gruppo SP3 nell'anno 2019.

Pertanto ne deriva che il gruppo SP3 durante la campagna **P14 19/1** ha registrato un periodo di esercizio (con potenza maggiore di 280 MW) inferiore di circa il 25% rispetto a quella di tutto l'anno 2019 perché mai in funzione, durante la campagna **P14 19/2** superiore del 10%, durante la campagna **P14 19/3** inferiore di circa il 25% perché nuovamente mai in funzione, mentre durante la campagna **P14 19/4** superiore di circa il 32%.

Il Gestore ha inoltre fornito il rapporto annuale relativo all'anno 2019 dal quale si evince che il gruppo SP3 ha emesso un quantitativo di massiche di polveri pari a 5,57 t relative ai 91 giorni di funzionamento.

Dall'elaborazione di tale parametro per ogni campagna di campionamento (vedi Tabella 16 ÷ Tabella 19), le massiche di polvere, rispetto a quelle mediamente emesse dal gruppo SP3 durante l'anno 2019, sono risultate:

- inferiori del 64% nella **P14 19/2**;
- superiori del 92% nella **P14 19/4**.

5 Risultati della caratterizzazione delle deposizioni

Come introdotto in precedenza, le campagne di monitoraggio del 2019 sono state effettuate in quattro periodi stagionali: primaverile, estivo, autunnale e invernale ciascuno della durata di circa un mese in linea con quanto previsto per le misurazioni indicative delle deposizioni totali dal D.Lgs 155/2010, Allegato 1-Tabella 2 in modo che i valori medi dei vari parametri determinati analiticamente risultino rappresentativi dell'intero anno solare.

Di seguito sono riportate le date di inizio e fine delle campagne del 2019, la loro durata in giorni e la percentuale di giorni di funzionamento della centrale ENEL rispetto alla durata di ciascuna campagna:

Campagna	Data inizio	Data fine	Durata	Funzionamento Centrale %	Funzionamento Centrale
P 14 19/1	14/03/2019	18/04/2019	35	0	Spenta
P 14 19/2	20/06/2019	24/07/2019	34	32	Parzialmente in funzione
P 14 19/3	08/10/2019	04/11/2019	27	0	Spenta
P 14 19/4	07/11/2019	12/12/2019	35	54	Parzialmente in funzione

Tabella 21 - Periodi di campionamento delle campagne 2019 e operatività della Centrale.

Nel corso delle quattro campagne di monitoraggio del 2019 (Tabella 1), la centrale è rimasta sempre ferma (v. cap.4) durante lo svolgimento della campagna primaverile **P14 19/1** e autunnale **P14 19/3**, le quali costituiscono di fatto un bianco, ovvero rappresentano l'assenza di pressioni ambientali dovute alle emissioni dalla centrale.

La centrale è rimasta parzialmente operativa durante lo svolgimento della campagna estiva **P14 19/2**, con tre arresti dal 20/06 al 24/06, dal 30/06 al 02/07 e dal 07/07 al 24/07, rimanendo in funzione per il 32% del tempo; durante la campagna invernale **P14 19/4** si sono avuti quattro periodi di arresto: dal 07 al 12/11, dal 12/11 al 14/11, dal 15/11 al 20/11 e dal 29/11 al 04/12 per un funzionamento della Centrale pari al 54% del tempo complessivo.

Il monitoraggio delle deposizioni è stato condotto nelle postazioni già utilizzate nel 2014-2018, ovvero: Bolano, Follo, Arcola, Le Grazie, Chiappa, Maggiolina, Saint Bon e Fossamastra. Dal 2016 a queste si è aggiunta Melara, sito dove il modello diffusionale (si veda Prescrizione AIA nr. 14 e report relativi [CESI, 2014] prevede la massima ricaduta delle emissioni della Centrale.

Per quanto riguarda il sito di Fossamastra, dopo la sperimentazione del 2016, il deposimetro di riferimento per la postazione è quello posizionato a circa 2 m da terra, in prossimità della sede stradale. Nelle successive tabelle e figure, la postazione "Fossamastra" indica quindi il deposimetro collocato presso la sede stradale e non compare più la distinzione "Alto" e "Basso" dei precedenti rapporti.

Per quanto riguarda il sito di Arcola, dopo la sperimentazione del 2017, il deposimetro di riferimento per la postazione è quello posizionato all'interno della Scuola, in un sito rappresentativo di area vasta e non più come quello utilizzato negli anni precedenti che

ha evidenziato limiti legati a inquinamenti estremamente locali già discussi (si veda il report trasmesso con nota prot Arpal 37531 del 20/12/2018).

5.1 Ratei di deposizione delle polveri e entità precipitazioni

La tabella seguente riassume i ratei di deposizione delle polveri sedimentabili insolubili in acqua, espresse in $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ determinate nei deposimetri inorganici e la precipitazione raccolta espressa in mm.

Postazione	Sigla	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Rateo deposizione [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$]	Precipitazione raccolta [mm]
Campagna P14 19/1 (Centrale ferma) - campagna di bianco						
Bolano	BL	14/03/2019	18/04/2019	35	40	211
Follo	FL	14/03/2019	18/04/2019	35	23	201
Arcola	AR	14/03/2019	18/04/2019	35	59	216
Le Grazie	LG	14/03/2019	18/04/2019	35	28	213
Chiappa	CH	14/03/2019	18/04/2019	35	23	134
Maggiolina	MG	14/03/2019	18/04/2019	35	52	243
Saint Bon	SB	14/03/2019	18/04/2019	35	59	153
Melara	ME	14/03/2019	18/04/2019	35	24	188
Fossamastra	FS	14/03/2019	18/04/2019	35	252	194
Campagna P14 19/2 (Centrale parzialmente in funzione per il 32% del tempo)						
Bolano	BL	20/06/2019	24/07/2019	34	47	58
Follo	FL	20/06/2019	24/07/2019	34	37	75
Arcola	AR	20/06/2019	24/07/2019	34	37	62
Le Grazie	LG	20/06/2019	24/07/2019	34	48	32
Chiappa	CH	20/06/2019	24/07/2019	34	32	62
Maggiolina	MG	20/06/2019	24/07/2019	34	43	62
Saint Bon	SB	20/06/2019	24/07/2019	34	55	54
Melara	ME	20/06/2019	24/07/2019	34	48	52
Fossamastra	FS	20/06/2019	24/07/2019	34	175	53
Campagna P14 19/3 (Centrale ferma) - campagna di bianco						
Bolano	BL	08/10/2019	04/11/2019	27	24	340
Follo	FL	08/10/2019	04/11/2019	27	24	323
Arcola	AR	08/10/2019	04/11/2019	27	17	261
Le Grazie	LG	08/10/2019	04/11/2019	27	21	286
Chiappa	CH	08/10/2019	04/11/2019	27	25	302
Maggiolina	MG	08/10/2019	04/11/2019	27	27	284
Saint Bon	SB	08/10/2019	04/11/2019	27	39	318
Melara	ME	08/10/2019	04/11/2019	27	27	278
Fossamastra	FS	08/10/2019	04/11/2019	27	85	280
Campagna P14 19/4 (Centrale parzialmente in funzione per il 54% del tempo)						
Bolano	BL	07/11/2019	12/12/2019	35	24	482
Follo	FL	07/11/2019	12/12/2019	35	13	396
Arcola	AR	07/11/2019	12/12/2019	35	16	350
Le Grazie	LG	07/11/2019	12/12/2019	35	15	322
Chiappa	CH	07/11/2019	12/12/2019	35	20	490
Maggiolina	MG			<i>non disponibile</i>		
Saint Bon	SB	07/11/2019	12/12/2019	35	31	400
Melara	ME	07/11/2019	12/12/2019	35	14	370
Fossamastra	FS	07/11/2019	12/12/2019	35	92	377

Tabella 22 – Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili e entità precipitazioni.

Per quanto riguarda le campagne 2019, come risulta dalla tabella, non sono disponibili le deposizioni della campagna invernale **P14 19/4** per il sito di Maggiolina (capitolo 2). Inoltre, sempre relativamente la campagna invernale (**19/4**), l'eccezionale quantità di precipitazioni ha costretto ad un cambio anticipato dei deposimetri, avvenuto in data 21/11/2019, e le deposizioni sono state sommate.

I ratei di deposizione delle polveri insolubili misurati nelle quattro campagne di monitoraggio sono riportati nella figura seguente. E' stato incluso anche il valore della precipitazione cumulata (misurato in mm) con asse secondario invertito:

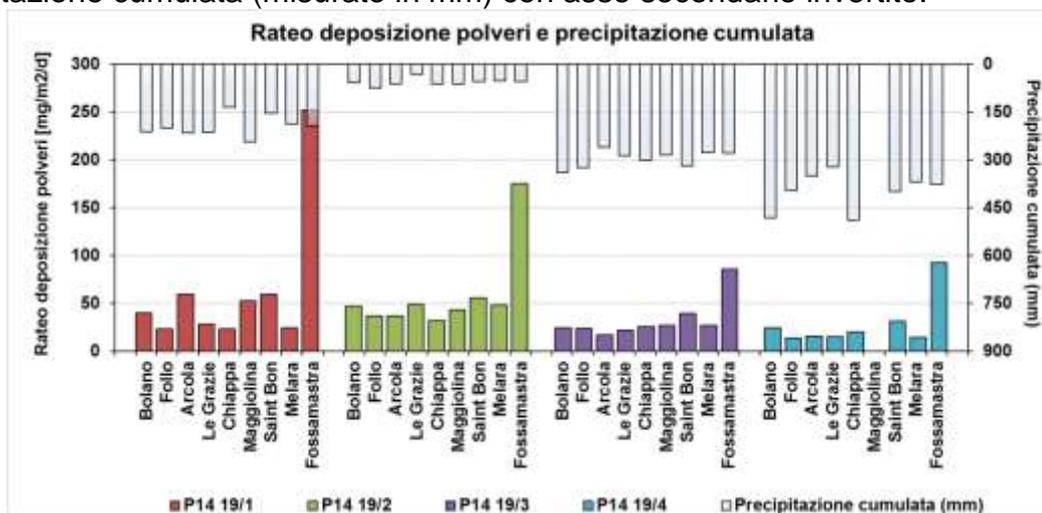


Figura 33 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili e precipitazione cumulata in mm.

La Figura 33 mostra che i valori più elevati nei ratei di deposizione sono stati osservati per la postazione di Fossamastra in tutte le campagne. A meno di questa postazione, nel 2019 come per l'anno precedente non si notano particolari differenze tra le postazioni urbane ed extraurbane. Si rileva inoltre che a Melara, dove il modello diffusionale prevede la massima ricaduta delle emissioni della Centrale, le deposizioni sono risultate quantitativamente in linea con la media delle deposizioni misurate nelle altre postazioni nelle quattro campagne di misura. Inoltre, i valori di deposizione sono abbastanza confrontabili a quelli rilevati nelle postazioni di fondo suburbano (Chiappa) e fondo urbano (Maggiolina), ovvero con le aree meno soggette a pressione antropica. In corrispondenza, delle maggiori precipitazioni cumulate verificatesi nelle ultime due campagne, sono stati rilevati i più bassi ratei di deposizione, a dimostrazione di un abbattimento della polverosità a causa delle piogge.

5.1.1 Valutazione della entità della polverosità depositata nel 2019

I valori della entità delle deposizioni di polveri riscontrati nell'area in esame nelle campagne del 2019 sono rimasti compresi complessivamente tra 13 e 175 mg/m²/d ad eccezione del rateo 252 mg/m²/d di Fossamastra della **P14 19/1**. Più in dettaglio:

- campagna **P14 19/1** (primaverile): deposizioni comprese tra 23 e 252 mg/m²/d;
- campagna **P14 19/2** (estiva): deposizioni comprese tra 32 e 175 mg/m²/d;
- campagna **P14 19/3** (autunnale): deposizioni comprese tra 17 e 85 mg/m²/d;
- campagna **P14 19/4** (invernale): deposizioni comprese tra 13 e 92 mg/m²/d.

Pur considerando il rateo più elevato di Fossamastra della campagna **P14 19/1**, se si assume un rateo medio complessivo di 46 mg/m²/d, e a seconda del valore di riferimento europeo usato per il confronto (200 o 350 mg/m²/d), si può affermare che nell'area della Spezia le polveri sedimentabili sono da 4 a 8 volte inferiori rispetto ai valori guida europei, 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 23 - Valori di riferimento europei per la deposizione di polveri⁹.

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 24 - Classi di Polverosità in funzione del rateo di deposizione⁹.

Il rateo medio misurato alla Spezia nelle campagne del 2019 (46 mg/m²/d), sebbene si riferisca a pochi mesi, è indicativo di una polverosità "praticamente assente".

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:

⁹ 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

Postazione	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano	P14 19/1	0,25	0,025	<0,008	<0,01	4,34	<0,01	3,76	5,06	21,59	3,86
Bolano	P14 19/2	0,24	0,026	<0,008	0,01	3,83	1,37	2,14	3,73	27,06	3,83
Bolano	P14 19/3	0,02	0,011	<0,011	<0,01	3,40	1,62	2,28	3,82	7,33	1,82
Bolano	P14 19/4	0,11	0,030	<0,008	<0,01	1,68	1,05	1,65	2,60	5,24	1,32
Follo	P14 19/1	0,16	0,089	<0,008	<0,01	11,52	<0,01	3,90	4,38	8,09	1,72
Follo	P14 19/2	0,32	0,025	<0,009	0,01	4,06	1,08	2,75	5,25	16,59	3,17
Follo	P14 19/3	0,03	0,015	<0,011	<0,01	2,96	1,64	2,29	3,10	5,91	1,68
Follo	P14 19/4	0,21	0,013	<0,008	<0,01	5,49	0,99	2,42	2,32	4,01	1,44
Arcola	P14 19/1	0,25	0,032	<0,008	0,02	5,91	1,64	4,07	10,19	20,94	4,11
Arcola	P14 19/2	0,32	0,033	<0,008	0,02	3,20	1,52	10,09	7,04	16,19	2,94
Arcola	P14 19/3	<0,01	0,011	0,022	0,03	2,07	1,10	1,78	3,88	4,51	1,41
Arcola	P14 19/4	0,14	0,014	<0,008	<0,01	3,61	0,93	2,42	5,50	5,22	1,59
Le Grazie	P14 19/1	0,19	0,010	<0,008	<0,01	1,91	<0,01	4,10	9,74	5,35	1,63
Le Grazie	P14 19/2	0,30	0,038	<0,009	<0,01	2,63	1,06	5,01	5,16	19,12	2,89
Le Grazie	P14 19/3	0,07	0,016	<0,011	0,01	2,19	1,19	4,19	5,10	5,06	1,99
Le Grazie	P14 19/4	0,17	<0,008	<0,008	<0,01	2,44	0,94	3,13	5,15	4,00	1,76
Chiappa	P14 19/1	0,12	0,010	<0,008	<0,01	2,60	<0,01	2,68	9,18	5,01	1,22
Chiappa	P14 19/2	0,26	0,030	<0,009	<0,01	2,17	0,48	2,47	8,36	12,76	2,36
Chiappa	P14 19/3	0,05	<0,011	<0,011	<0,01	3,54	1,65	3,27	7,50	8,69	2,39
Chiappa	P14 19/4	0,24	<0,008	0,011	<0,01	2,93	1,11	3,14	5,21	5,78	2,37
Maggiolina	P14 19/1	0,29	0,035	<0,008	<0,01	7,90	<0,01	5,25	13,41	14,57	4,13
Maggiolina	P14 19/2	0,25	0,067	<0,008	<0,01	3,57	0,23	3,14	6,36	23,23	3,13
Maggiolina	P14 19/3	0,37	<0,011	<0,011	<0,01	5,29	1,70	15,05	13,89	12,60	2,63
Maggiolina	P14 19/4					<i>non disponibile</i>					
Saint Bon	P14 19/1	0,34	0,059	<0,008	<0,01	16,78	5,55	9,33	33,55	35,90	4,83
Saint Bon	P14 19/2	0,42	0,034	<0,009	0,01	15,39	5,18	6,32	36,81	39,41	4,90
Saint Bon	P14 19/3	0,12	<0,011	<0,011	<0,01	3,04	2,02	2,39	4,38	6,17	2,07
Saint Bon	P14 19/4	0,28	0,019	<0,008	0,01	9,32	2,57	10,98	21,30	14,87	3,57
Melara	P14 19/1	0,22	0,010	<0,008	<0,01	5,80	0,53	12,69	40,19	9,13	2,12
Melara	P14 19/2	0,61	0,039	<0,008	<0,01	6,00	1,26	15,12	27,14	26,04	3,97
Melara	P14 19/3	0,14	0,015	<0,011	<0,01	21,00	7,48	10,61	18,56	23,00	4,09
Melara	P14 19/4	0,23	<0,008	<0,008	<0,01	3,80	0,68	6,77	6,34	4,14	1,37
Fossamastra	P14 19/1	1,33	0,146	<0,008	0,04	64,82	27,42	19,47	78,02	167,67	22,40
Fossamastra	P14 19/2	1,19	0,099	<0,008	0,03	46,96	23,15	16,90	87,66	117,24	16,01
Fossamastra	P14 19/3	0,28	0,031	<0,011	0,04	25,46	9,55	10,81	41,86	52,82	9,26
Fossamastra	P14 19/4	0,57	0,058	<0,008	0,03	28,84	11,45	9,82	24,77	52,07	10,75

Tabella 25 - Ratei di deposizione in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ di metalli nelle campagne di monitoraggio 2019.

La tabella evidenzia che le maggiori deposizioni di metalli sono state rilevate nelle postazioni urbane (Fossamastra, Saint Bon, Melara, Maggiolina) specie per i metalli di prevalente origine antropica (Pb, Cr, Cu, Ni, V); in particolare le più alte deposizioni dei metalli, analogamente alla maggiore deposizione di polveri, sono state riscontrate a Fossamastra.

Inoltre, si osserva che i ratei di deposizione di alcuni metalli di origine prevalentemente terrigena, come As e Mn soprattutto a Bolano, Arcola e Fossamastra seguono l'andamento delle precipitazioni, presentando i valori più bassi nelle due campagne con elevate precipitazioni, **P14 19/3** e **19/4**.

Non sono state rilevate, infine, significative differenze delle deposizioni di metalli nelle due campagne **P14 19/1** e **19/3** effettuate a centrale non operativa rispetto alle altre a centrale operativa.

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 e quello di alcuni metalli: As, Cr, Cu, Mn, V, Ni. Le figure che seguono illustrano tali correlazioni:

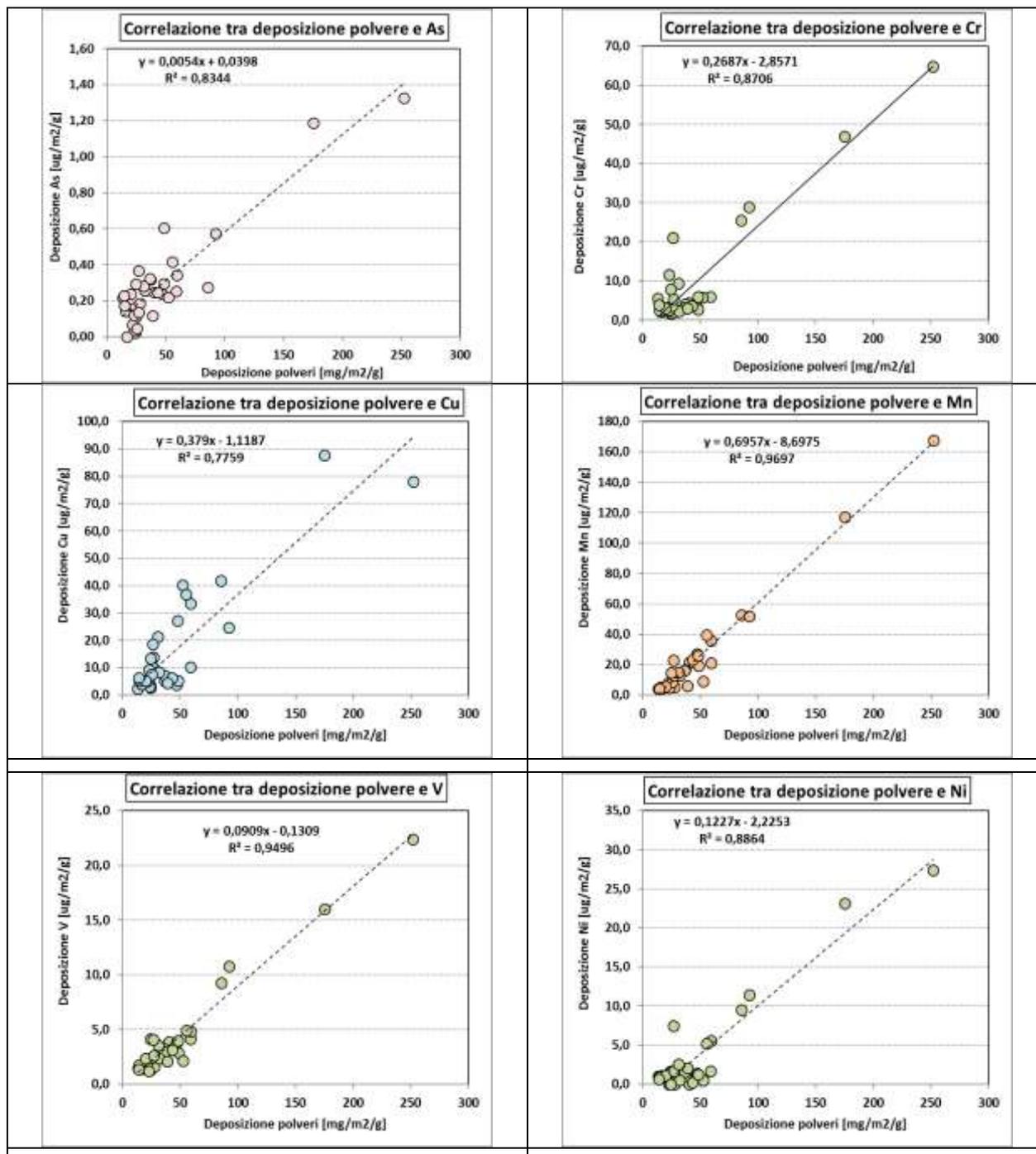


Figura 34 – Correlazioni tra deposizioni di polveri e alcuni metalli.

La buona correlazione tra alcuni metalli (As, Cr, Cu, Mn, Ni e V) e le polveri depositate, indica la presenza di una composizione caratteristica, poco variabile nel corso delle campagne e quindi riferibile ad un complesso omogeneo di sorgenti emissive, tra cui potrebbe assumere un ruolo significativo quella di tipo crostale.

5.2.1.2 Confronto delle deposizioni di metalli del 2019 con valori di riferimento

Premesso che, in linea generale, le deposizioni di metalli sono state relativamente modeste, i valori misurati per As, Cd, e Ni per la città della Spezia ricadono tipicamente all'interno degli intervalli rilevati in differenti aree (rurali, urbane e industriali) di nazioni europee. Si riportano tali intervalli nella tabella seguente, 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 26 - Ratei di deposizioni di As, Cd e Ni in aree europee omogenee per tipologia.

Nelle figure seguenti si riportano i ratei di deposizione di As, Cd, e Ni rilevati nelle quattro campagne¹⁰, dove si indica con la banda in verde chiaro l'intervallo di deposizione delle aree rurali e con quella in azzurro chiaro, l'intervallo di deposizione per le aree urbane.

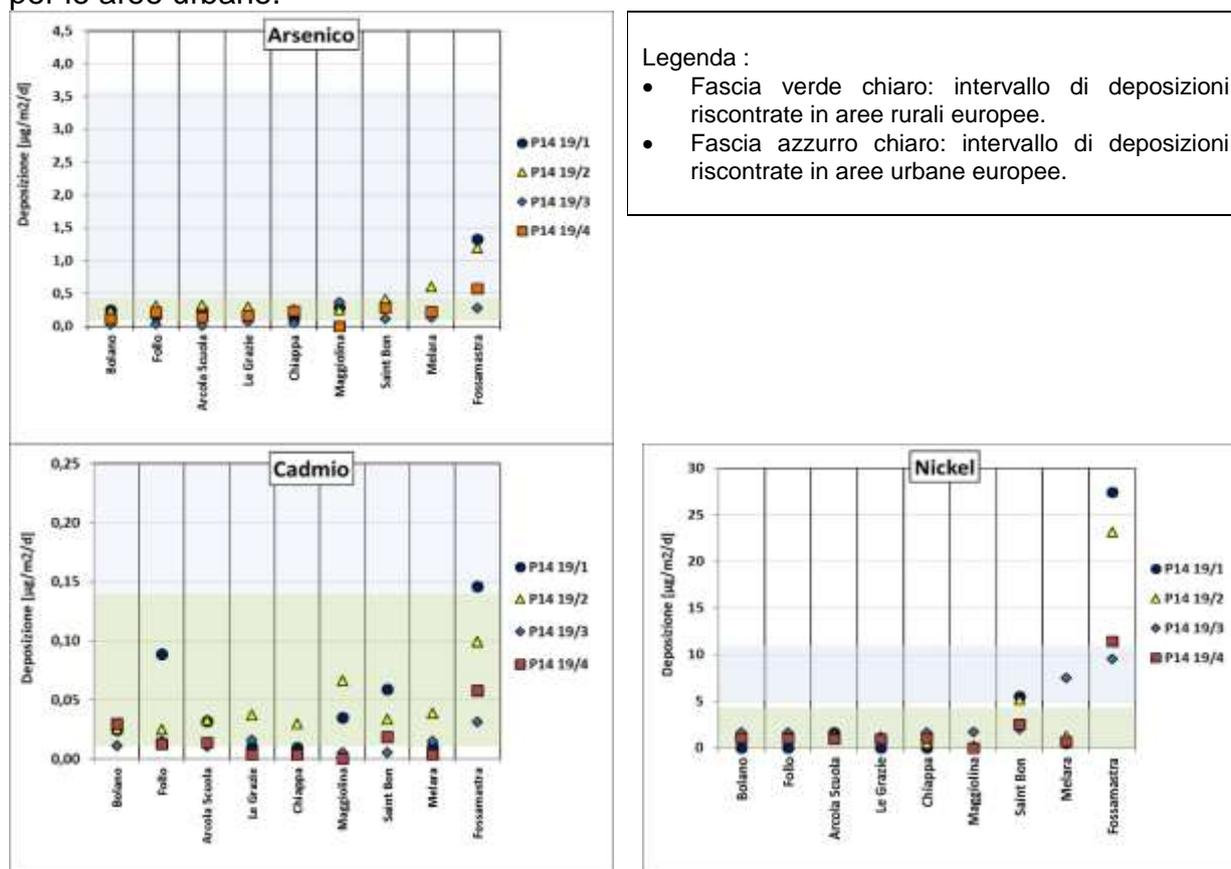


Figura 35 – Ratei di deposizione di As, Cd e Ni alla Spezia, confrontati con gli intervalli riscontrabili in aree rurali ed urbane europee.

¹⁰ Come sopra riportato, i valori di deposizioni inferiori al limite di rilevabilità (LdR) sono stati sostituiti da metà del LdR

I ratei di deposizione riscontrati per la città della Spezia, fatta eccezione per il Ni a Fossamastra, nella maggior parte dei casi sono inferiori o ricadono entro l'intervallo associato alle aree rurali e, in pochi casi, in quello associato alle aree urbane (vedi Tabella 26).

I ratei di deposizione di Ni a Fossamastra sono risultati nelle prime due campagne lievemente superiori e nelle ultime due all'interno dell'intervallo associabile alle aree rurali.

5.2.2 Concentrazioni di metalli nelle polveri depositate

Nella tabella seguente sono riassunte le **concentrazioni** dei metalli espressi in $\mu\text{g/g}$ 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.

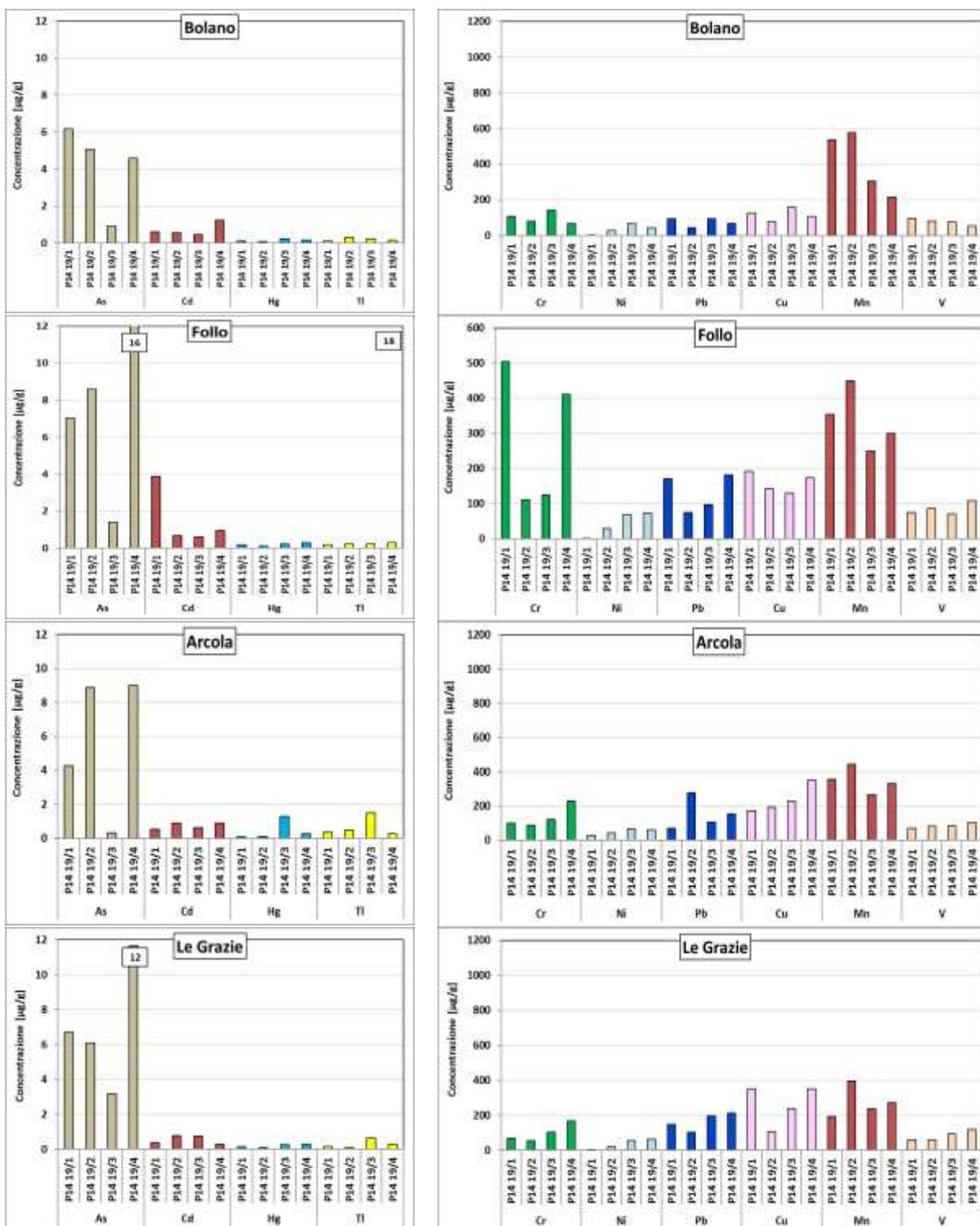
Postazione	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano	P14 19/1	6,18	0,61	0,10*	0,10*	108	0,10*	94	126	538	96
Bolano	P14 19/2	5,06	0,55	0,09*	0,30	82	29	46	79	577	82
Bolano	P14 19/3	0,92	0,46	0,22*	0,22*	141	68	95	159	305	76
Bolano	P14 19/4	4,59	1,23	0,17*	0,17*	69	43	68	107	215	54
Follo	P14 19/1	7,02	3,89	0,18*	0,18*	504	0,18*	170	192	354	75
Follo	P14 19/2	8,58	0,68	0,12*	0,24	110	29	74	142	449	86
Follo	P14 19/3	1,42	0,63	0,23*	0,23*	125	69	97	131	249	71
Follo	P14 19/4	16,06	0,96	0,31*	0,31*	411	74	181	174	300	108
Arcola	P14 19/1	4,25	0,54	0,07*	0,34	100	28	69	173	355	70
Arcola	P14 19/2	8,87	0,91	0,12*	0,48	88	42	276	193	444	81
Arcola	P14 19/3	0,32*	0,64	1,29	1,49	122	65	105	229	267	83
Arcola	P14 19/4	9,01	0,89	0,26*	0,26*	229	59	154	350	332	101
Le Grazie	P14 19/1	6,70	0,36	0,15*	0,15*	69	0,15*	148	352	193	59
Le Grazie	P14 19/2	6,10	0,78	0,09*	0,09*	54	22	104	107	396	60
Le Grazie	P14 19/3	3,16	0,75	0,25*	0,66	102	55	196	239	237	93
Le Grazie	P14 19/4	11,68	0,28*	0,28*	0,28*	166	64	213	351	273	120
Chiappa	P14 19/1	5,24	0,43	0,18*	0,18*	113	0,18*	117	400	219	53
Chiappa	P14 19/2	8,03	0,94	0,13*	0,13*	68	15	77	262	400	74
Chiappa	P14 19/3	1,83	0,21*	0,21*	0,21*	139	65	129	295	342	94
Chiappa	P14 19/4	11,85	0,21*	0,56	0,21*	146	55	157	261	289	118
Maggiolina	P14 19/1	5,57	0,68	0,08*	0,08*	151	0,08*	100	257	279	79
Maggiolina	P14 19/2	5,74	1,55	0,10*	0,10*	83	5	73	148	540	73
Maggiolina	P14 19/3	13,64	0,20*	0,20*	0,20*	196	63	558	515	467	98
Maggiolina	P14 19/4	<i>non disponibile</i>									
Saint Bon	P14 19/1	5,76	1,00	0,07*	0,07*	283	94	157	566	606	82
Saint Bon	P14 19/2	7,52	0,61	0,08*	0,19	278	93	114	664	711	88
Saint Bon	P14 19/3	4,37	0,20*	0,20*	0,20*	115	76	90	166	234	78
Saint Bon	P14 19/4	9,05	0,60	0,13*	0,44	300	83	353	685	479	115
Melara	P14 19/1	8,94	0,42	0,17*	0,17*	238	22	520	1646	374	87
Melara	P14 19/2	12,59	0,81	0,09*	0,09*	125	26	314	564	541	83
Melara	P14 19/3	3,47	0,39	0,14*	0,14*	535	190	270	473	586	104
Melara	P14 19/4	16,05	0,29*	0,29*	0,29*	267	48	476	446	291	97
Fossamastra	P14 19/1	5,27	0,58	0,02*	0,15	257	109	77	310	665	89
Fossamastra	P14 19/2	6,78	0,57	0,02*	0,20	268	132	97	501	669	91
Fossamastra	P14 19/3	3,23	0,37	0,06*	0,42	298	112	127	490	619	108
Fossamastra	P14 19/4	6,22	0,63	0,04*	0,32	312	124	106	268	563	116

Tabella 27 - Concentrazioni di metalli nelle polveri depositate nelle campagne del 2019. Valori in $\mu\text{g/g}$.

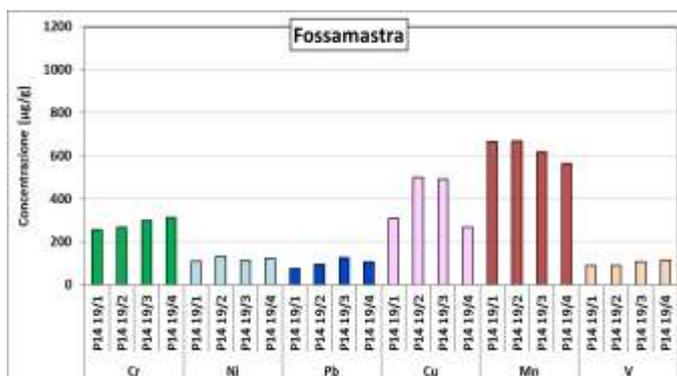
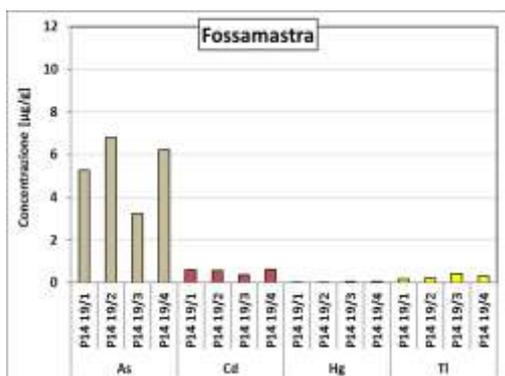
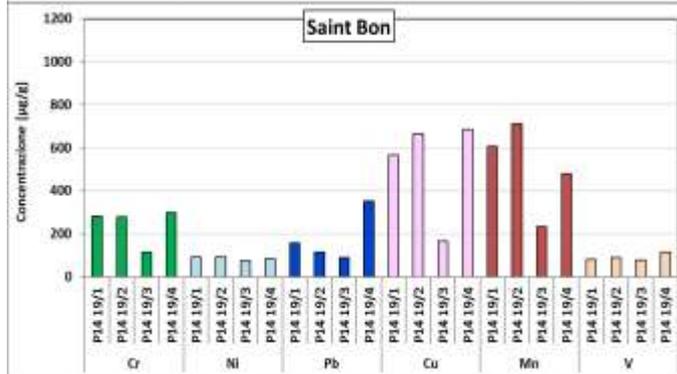
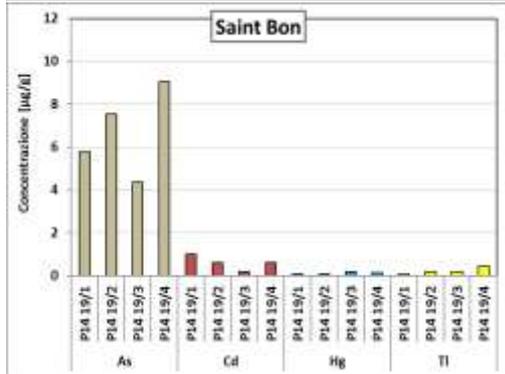
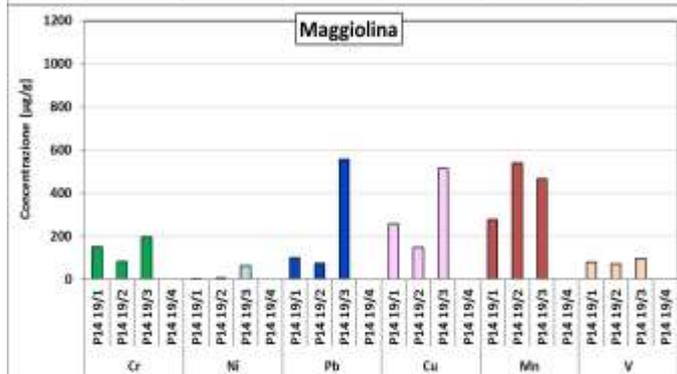
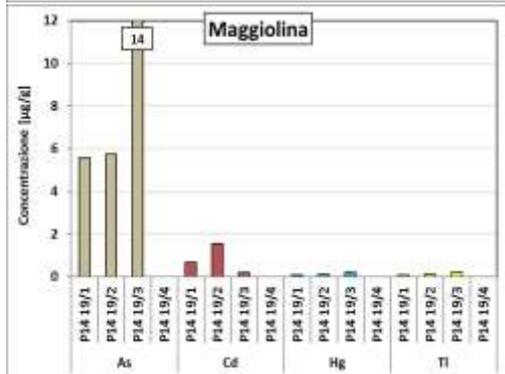
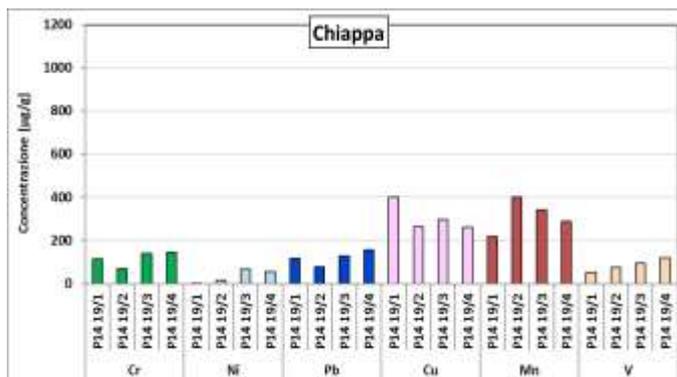
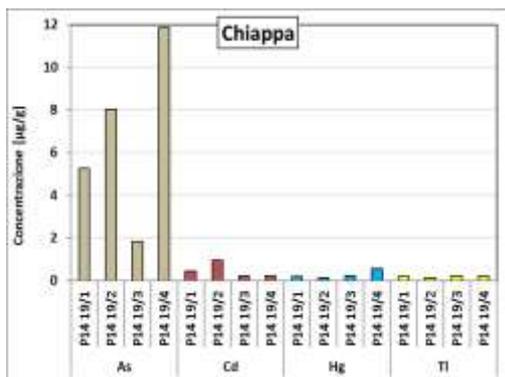
Le concentrazioni di metalli nelle polveri sono abbastanza in linea con quelle degli anni precedenti, fatta eccezione per le concentrazioni anomale a Melara di Cu nella campagna **P14 19/1** e di Ni nella **P14 19/3**. La tabella evidenzia, inoltre, alti valori di

concentrazione di As a Follo, Le Grazie, Chiappa e Melara nella campagna **P14 19/4**, caratterizzata dalle più alte precipitazioni cumulate.

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:



Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

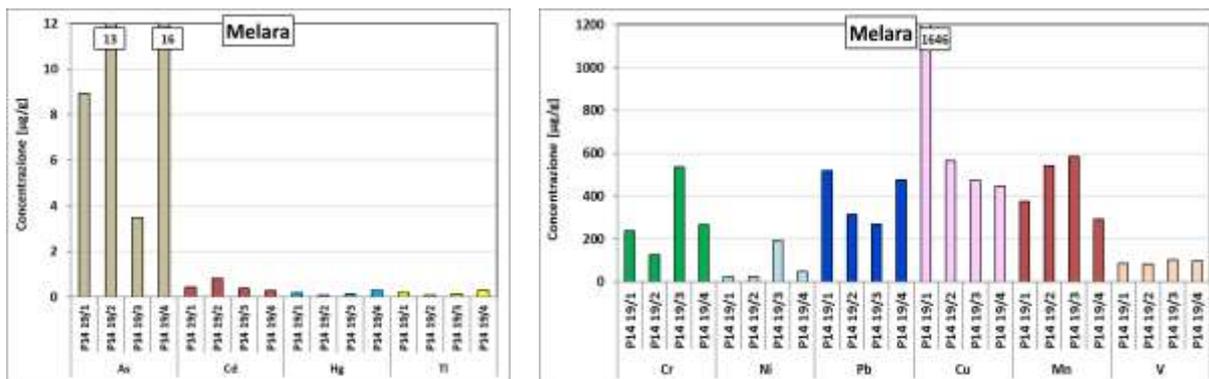


Figura 36 - Concentrazioni dei metalli depositati nelle polveri durante il 2019.

Dai grafici precedenti, valgono i commenti espressi in precedenza circa i valori anomali di Cu a Melara nella campagna P14 19/1 e di As per la campagna P14 19/4 che non sono legati ad una particolare causa effettivamente osservata.

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, **esprese in µg/g**, nelle deposizioni di ogni campagna per ciascuna postazione. 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 Fossamastra nelle campagne **P14 19/2** e **19/3**:

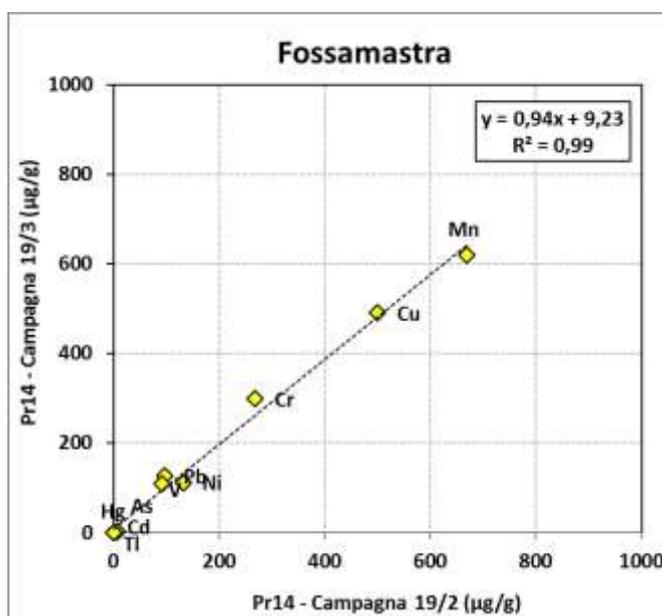


Figura 37 - Esempio di correlazione tra le concentrazioni di metalli in due campagne.

I grafici di correlazione completi sono riportati in Appendice 3. I risultati delle correlazioni sono, invece, riportati nella tabella che segue che include i valori di R^2 , della pendenza della retta di 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	19/1 – 19/2	0,98	1,05	
	19/1 – 19/3	0,86	0,55	
	19/1 – 19/4	0,91	0,39	
	19/2 – 19/3	0,84	1,57	Mn
	19/2 – 19/4	0,84	0,35	
Follo	19/3 – 19/4	0,98	0,68	
	19/1 – 19/2	0,87	1,08	Cr
	19/1 – 19/3	0,91	0,64	Cr
	19/1 – 19/4	0,97	0,79	
	19/2 – 19/3	0,90	0,97	Mn
Chiappa	19/2 – 19/4	0,91	0,67	Cr, Pb
	19/3 – 19/4	0,96	1,24	Cr
	19/1 – 19/2	0,97	0,64	Mn
	19/1 – 19/3	0,91	0,72	Mn
	19/1 – 19/4	0,95	1,25	Cu
Le Grazie	19/2 – 19/3	0,92	0,89	
	19/2 – 19/4	0,85	0,75	
	19/3 – 19/4	0,97	0,86	
	19/1 – 19/2	0,74	0,32	Mn
	19/1 – 19/3	0,96	1,20	Cu
Arcola	19/1 – 19/4	0,90	1,03	
	19/2 – 19/3	0,97	2,03	Mn
	19/2 – 19/4	0,91	2,67	Mn
	19/3 – 19/4	0,96	1,26	
	19/1 – 19/2	0,99	1,22	Pb
Maggiolina	19/1 – 19/3	0,88	0,81	
	19/1 – 19/4	0,98	2,05	Mn
	19/2 – 19/3	0,91	0,59	Cu, Pb
	19/2 – 19/4	0,95	0,68	Cr, Cu
	19/3 – 19/4	0,96	1,39	
Saint Bon	19/1 – 19/2	0,85	0,60	Mn
	19/1 – 19/3	0,95	1,73	Pb
	19/1 – 19/4	nd	nd	
	19/2 – 19/3	0,89	3,01	Mn, Pb
	19/2 – 19/4	nd	nd	
Melara	19/3 – 19/4	nd	nd	
	19/1 – 19/2	0,99	1,17	
	19/1 – 19/3	0,85	0,44	Cu, Mn
	19/1 – 19/4	0,88	0,97	
	19/2 – 19/3	0,88	0,27	
Fossamastra	19/2 – 19/4	1,00	1,03	Mn, Pb
	19/3 – 19/4	0,86	2,17	Cu
	19/1 – 19/2	0,95	0,35	Mn
	19/1 – 19/3	0,90	1,67	Cu, Pb
	19/1 – 19/4	0,95	0,84	Cu, Pb
	19/2 – 19/3	0,91	0,89	Cr
	19/2 – 19/4	0,94	0,65	Cr, Pb
	19/3 – 19/4	0,96	0,48	Cu, Pb
	19/1 – 19/2	0,94	1,08	
	19/1 – 19/3	0,92	1,01	
	19/1 – 19/4	0,97	0,86	
	19/2 – 19/3	0,99	0,94	
	19/2 – 19/4	0,98	0,86	Cu
	19/3 – 19/4	0,99	0,93	Cu

Tabella 28 - Correlazioni tra le concentrazioni di metalli nelle deposizioni delle campagne 2019.

In relazione alla tabella precedente, si può osservare che:

- le correlazioni indicano in generale un buon accordo tra le concentrazioni di metalli nelle polveri depositate nelle quattro campagne in ciascuna postazione. Escludendo alcuni metalli riportati in tabella, solo in un caso si ha un valore di $R^2 < 0.80$, ad

indicare una sostanziale uniformità qualitativa delle polveri relativamente al loro contenuto di metalli;

- in alcuni casi, ma non per tutte le postazioni e per tutte le campagne, rimangono esclusi dalle correlazioni Cu, Mn, Cr e Pb.

5.3 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 14 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.

5.3.1 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. Dal 2019, la determinazione degli IPA è stata spostata dal Laboratorio della Spezia a Genova, che ha però mantenuto gli stessi limiti di quantificazione. 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. Come precedentemente introdotto, la postazione di Fossamastra è quella relativa al deposimetro presso la sede stradale con imbuto di raccolta a circa 2 m da terra:

Postazione	Camp.	Fen	Ant	Flu	Pir	BaA	Cri	BbF+ BjF	BkF	BeP	BaP	IP	DBahAn	BghiP	DBalP	DBaeP	DBalP	DBahP	Cor
Bolano	19/1	5	<2	5	5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Bolano	19/2	5	<2	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Bolano	19/3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Bolano	19/4	3	<2	4	4	<2	5	4	5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Follo	19/1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Follo	19/2	4	<2	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Follo	19/3	5	<2	4	4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Follo	19/4	5	<2	5	5	<2	7	4	5	5	<2	<2	<2	5	<2	<2	<2	<2	<2
Arcola	19/1	<2	<2	5	4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Arcola	19/2	4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Arcola	19/3	5	<2	7	<2	<2	5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Arcola	19/4	3	<2	4	3	<2	5	4	4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Le Grazie	19/1	3	<2	2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Le Grazie	19/2	5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Le Grazie	19/3	7	<2	8	7	<2	8	6	6	7	<2	6	<2	6	<2	<2	<2	<2	<2
Le Grazie	19/4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Chiappa	19/1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Chiappa	19/2	6	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Chiappa	19/3	6	<2	6	7	<2	9	6	5	5	<2	4	<2	7	<2	<2	<2	<2	<2
Chiappa	19/4	4	<2	4	4	<2	7	6	8	5	<2	<2	<2	5	<2	<2	<2	<2	<2
Maggiolina	19/1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Maggiolina	19/2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Maggiolina	19/3	6	<2	7	8	<2	7	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Maggiolina	19/4	<i>non disponibile</i>																	
Saint Bon	19/1	<2	<2	16	16	<2	17	11	10	11	<2	8	<2	16	<2	<2	<2	<2	2
Saint Bon	19/2	11	<2	10	12	<2	8	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Saint Bon	19/3	9	<2	13	17	<2	13	12	9	12	<2	9	<2	15	<2	<2	<2	<2	11
Saint Bon	19/4	5	<2	8	10	<2	15	9	12	8	<2	11	<2	15	<2	<2	<2	<2	2
Fossamastra	19/1	55	<2	89	137	24	59	<2	<2	42	<2	31	<2	99	<2	<2	<2	<2	18
Fossamastra	19/2	48	13	50	85	<2	33	<2	<2	<2	<2	<2	<2	75	<2	<2	<2	<2	14
Fossamastra	19/3	18	2	30	58	<2	15	<2	<2	16	<2	8	<2	36	<2	<2	<2	<2	32
Fossamastra	19/4	26	<2	46	72	<2	30	<2	<2	24	<2	19	<2	61	<2	<2	<2	<2	11
Melara	19/1	5	<2	6	7	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	8	<2	<2	<2	<2	<2
Melara	19/2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Melara	19/3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Melara	19/4	3	<2	4	3	<2	5	3	4	3	<2	<2	<2	4	<2	<2	<2	<2	<2

Tabella 29 – Rateo di deposizioni di IPA del 2019. Valori in ng/m²/d.

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

- i ratei degli IPA, quando superiori al limite di quantificazione, presentano valori molto bassi soprattutto nelle postazioni extraurbane e lievemente superiori per quelle urbane;
- i maggiori ratei di deposizione degli IPA si sono riscontrati a Fossamastra, come nei precedenti monitoraggi;
- da segnalare la presenza di coronene e di BghiP, IPA caratteristici delle emissioni del traffico veicolare, nelle deposizioni delle postazioni urbane Fossamastra e Saint Bon 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 06/38¹¹ che rimanda al Rapporto ISTISAN 04/15¹².

¹¹ Menichini E., et al., 2006.

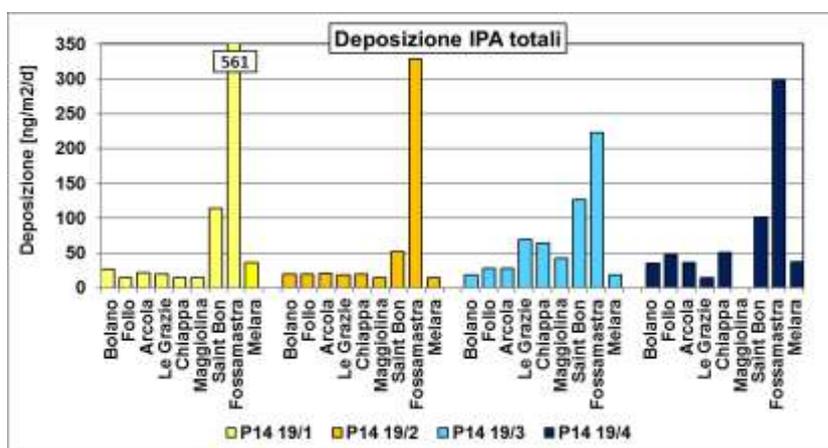
¹² Menichini E. e Viviano G., 2004

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 2019, entrambi intesi come sommatoria dei valori superiori al LdQ e di metà dello stesso, nel caso di ratei inferiori al LdQ:

	P14 19/1		P14 19/2		P14 19/3		P14 19/4	
	IPA Totali	IPA norma UNI						
Bolano	26	5	20	5	18	6	35	12
Follo	14	5	19	5	28	6	47	12
Arcola	22	5	20	6	28	5	36	12
Le Grazie	19	5	18	5	69	21	14	5
Chiappa	14	5	19	5	64	18	50	17
Maggiolina	14	5	14	5	42	6	nd	nd
Saint Bon	114	31	52	5	127	33	101	35
Fossamastra	561	58	328	6	222	12	299	24
Melara	36	5	14	5	18	6	37	10

Tabella 30 – Deposizioni totali di IPA nelle quattro campagne. Valori in $\text{ng/m}^2/\text{d}$.

La figura seguente confronta l'andamento spaziale delle deposizioni di IPA totali e degli IPA elencati nella norma EN 15980:2011 nel 2019. Si evidenzia che i maggiori tassi di deposizione si sono registrati nelle postazioni di Fossamastra e Saint Bon e occasionalmente in altre postazioni (Melara, Le Grazie e Chiappa) per gli IPA totali, mentre i maggiori tassi di deposizione per gli IPA della norma UNI sono stati registrati nella postazione di Fossamastra nella P14 19/1 e 19/2 e di Saint Bon nella P14 19/3 e 19/4:



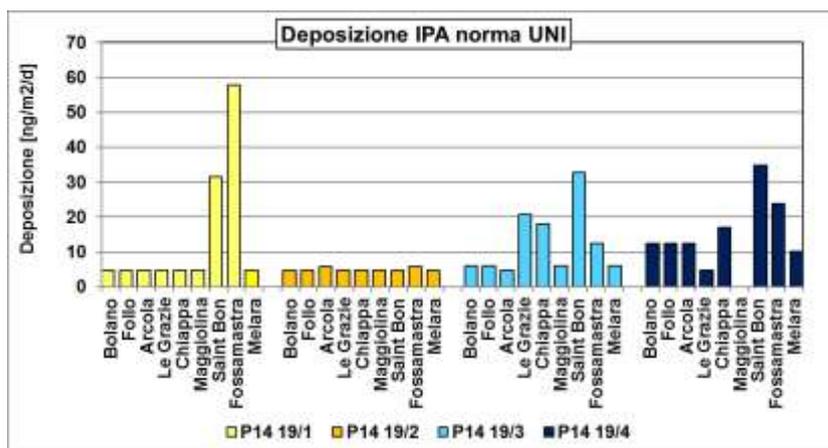


Figura 38 – Deposizioni di IPA totali (sopra) e della norma UNI EN 15980:2011 (sotto) nel 2019.

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, 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 19/1 (primavera)	14-26	5	14-561	5-58
P14 19/2 (estate)	18-20	5-6	14-328	5-6
P14 19/3 (autunno)	18-69	5-21	18-222	6-33
P14 19/4 (inverno)	14-47	5-12	37-299	10-35

Tabella 31 – Intervalli di deposizione di IPA nelle campagne. Valori in ng/m²/d.

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

- nelle postazioni extraurbane, le massime deposizioni di IPA totali e della norma UNI si sono avute in autunno (**P14 19/3**) da attribuire alla messa in funzione del riscaldamento domestico, probabilmente in parte basato sulla combustione di biomassa. In primavera ed estate, vi è stata una diminuzione delle deposizioni;
- nelle postazioni urbane, le massime deposizioni di IPA totali e della norma UNI si sono avute in primavera mentre le minime in estate;
- ricordando che le campagne **P14 19/1** e **P14 19/3** sono campagne di bianco, le deposizioni di IPA non sono correlabili con il funzionamento della Centrale.

5.3.1.1 Ratei di deposizioni di benzo[a]pirene

Non essendoci valori limite normativi per le deposizioni di IPA ed essendo ampiamente variabile il numero di IPA determinati negli studi in letteratura, 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 19/1 primavera	P14 19/2 estate	P14 19/3 autunno	P14 19/4 inverno
Bolano	0,8	0,8	1,0	0,8
Follo	0,8	0,8	1,0	0,8
Arcola	0,8	1,0	0,8	1,0
Le Grazie	0,8	0,8	1,0	0,8
Chiappa	0,8	0,8	1,0	0,8
Maggiolina	0,8	0,8	1,0	nd
Saint Bon	0,8	0,8	1,0	0,8
Fossamastra	0,8	1,0	0,8	1,0
Melara	0,8	0,8	1,0	0,8

Tabella 32 – Ratei di deposizione di benzo(a)pirene nel 2019. Valori in ng/m²/d.

Nelle campagne del 2019 si sono riscontrati valori dei ratei di deposizione BaP molto omogenei nel corso della quattro campagne e lievemente più elevati nella campagna autunnale in quasi tutte le postazioni (eccetto Arcola e Fossamastra).

Una valutazione dell'andamento temporale del BaP durante le campagne del 2014-2019 è riportata nel cap. 7.

La figura seguente riporta il rateo di deposizione di BaP nelle quattro campagne e mostra quanto detto sopra circa l'omogeneità della deposizione nel corso del 2019.

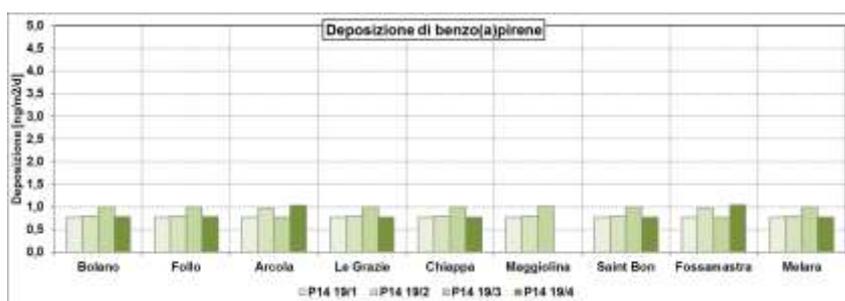


Figura 39 – Deposizioni di benzo(a)pirene nelle campagne di monitoraggio del 2019.

Il rateo di deposizione medio del BaP nell'intero comprensorio della Spezia nel periodo di campionamento del 2019, presenta un valore pari a 0.9 ng/m²/d con il 100% di deviazione standard. Tale valore può essere quindi confrontato con i valori di letteratura riportati in Tabella 33, 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			
	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 ¹³
	Aosta, sito di riferimento	5	Presentazione G, Settimo ¹³
Italia	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 ¹³
Finlandia	Pallas	2-10 (min-max)	EMEP, 2005
Svezia	Rorvik	5-17 (min-max)	EMEP, 2005

¹³ 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

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 ¹³
	San Nicola di Melfi (stagione fredda)	3,2-4,1 (area urbana) 4,6-6,9 (area industriale)	Presentazione G, Settimo ¹³
	Borgo Valsugana	nd-5 (dry) 1-27 (wet)	Argiriadis, E., et al, 2014
Francia	Parigi	25 (media annuale)	Ollivon, D et al., 2003
	Le Havre	270 (mag.-ott, 2001)	
	Rouen	150 (mag.-ott, 2001)	Motelay-Massei, A, et al., 2002
	Evreux	130 (mag.-ott, 2001)	

Tabella 33 - Valori di deposizione di benzo[a]pirene tratti dalla letteratura, Valori in $ng/m^2/d$,

Dalla tabella, si evince che la media annuale di deposizioni di BaP nella città della Spezia risulta inferiore a quella di altri siti urbani in Europa.

5.3.1.2 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 stata descritta nel par. 5.3. 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).

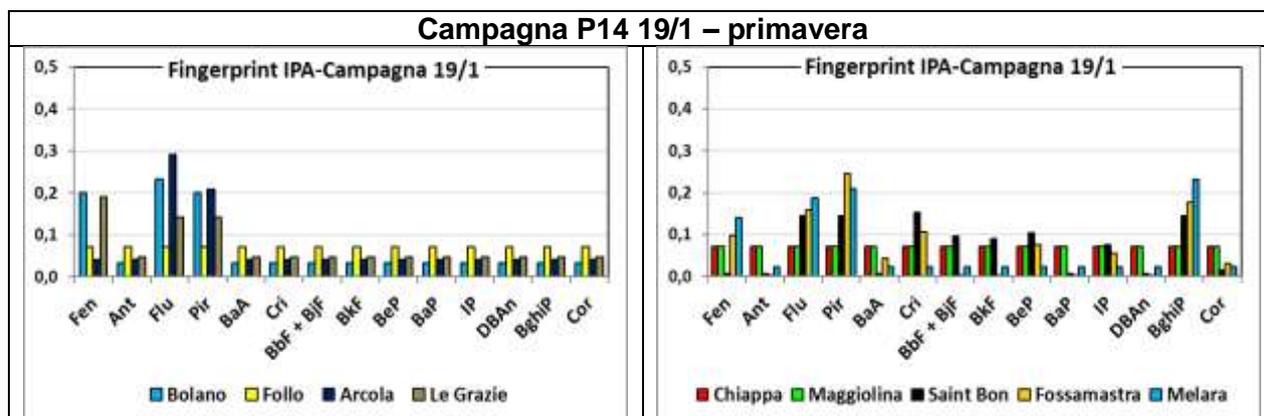


Figura 40 – *Fingerprint* degli IPA totali nella campagna P14 19/1 (primavera) per le postazioni extraurbane (a sin) e urbane (a ds).

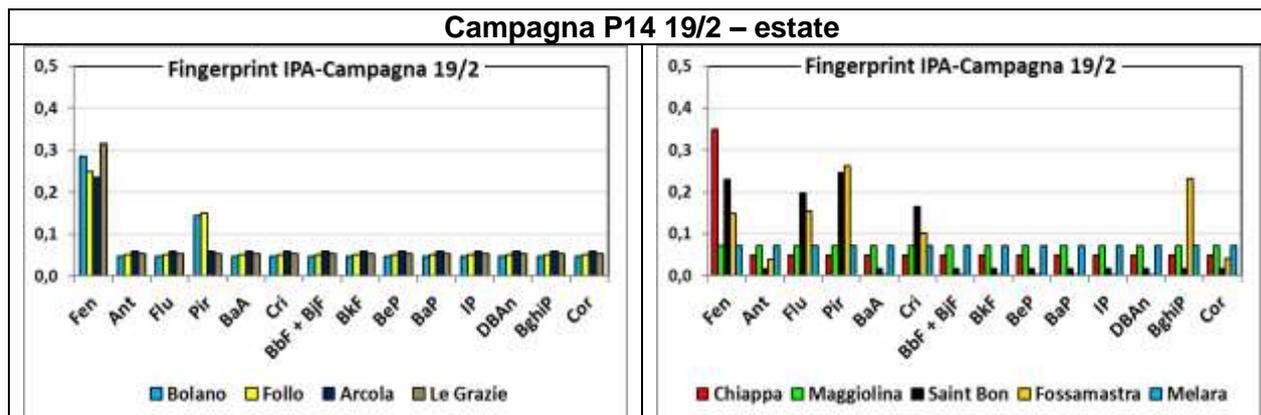


Figura 41 – *Fingerprint* degli IPA totali nella campagna P14 19/2 (estate) per le postazioni extraurbane (a sin) e urbane (a ds).

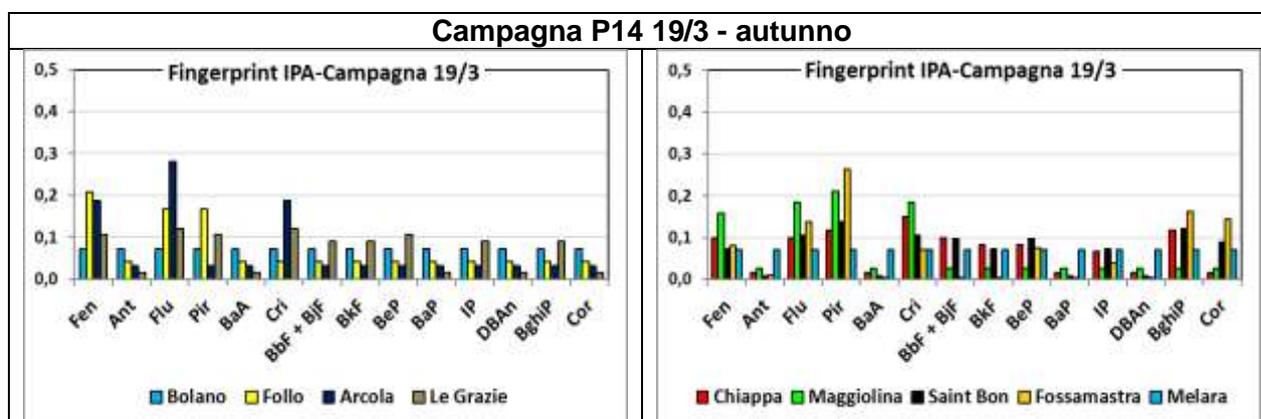


Figura 42 – *Fingerprint* degli IPA totali nella campagna P14 19/3 (autunno) per le postazioni extraurbane (a sin) e urbane (a ds).

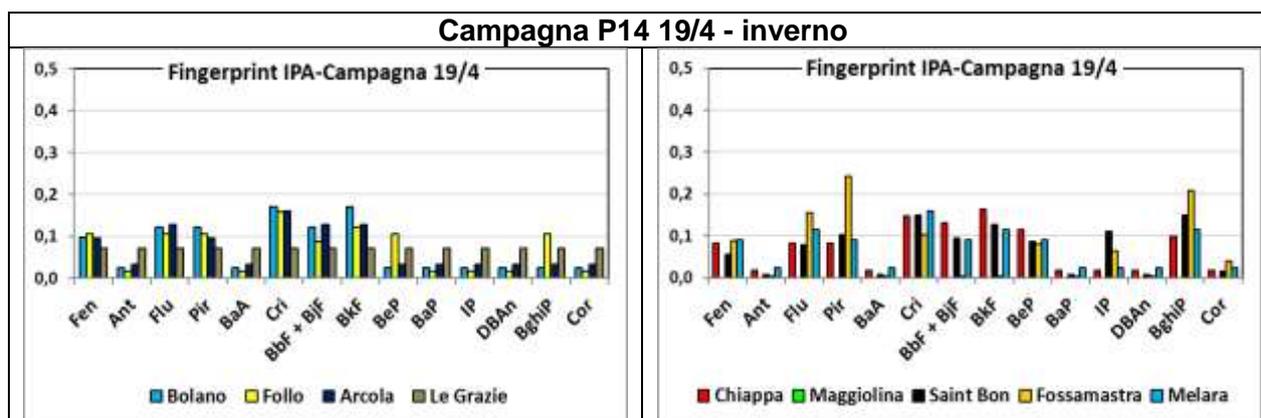


Figura 43 – *Fingerprint* degli IPA totali nelle campagne P14 19/4 (inverno) per le postazioni extraurbane (a sin) e urbane (a ds).

Nelle campagne primaverile ed estiva si evidenziano pattern abbastanza simili tra postazioni urbane ed extraurbane dominati dalla presenza degli IPA leggeri (fenantrene) con una lieve preponderanza di benzo(ghi)perilene nelle postazioni urbane.

Nelle campagne autunnale e invernale, i *fingerprint* sono lievemente diversi dalle altre due stagioni: nelle postazioni extraurbane prevalgono gli IPA pesanti mentre in quelle urbane spicca anche la presenza di alcuni IPA pesanti riferibili ad emissioni del traffico veicolare a benzina¹⁴, segnatamente benzo(ghi)perilene e coronene.

5.3.2 PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri

Come descritto al par. 2.1, il monitoraggio delle deposizioni di PCDD/F e PCB è stato condotto in un minor numero di postazioni, viste le ridotte deposizioni misurate nelle precedenti campagne. Nel 2019 non sono quindi state operative le postazioni di Bolano (solo campagna estiva presente), Le Grazie, Chiappa e Saint Bon.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i ratei di deposizione dei congeneri di PCDD/F e PCB determinati nei campioni di deposizioni delle postazioni operative. I valori sono espressi in $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$:

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
Follo	19/1	0,15	<0,24	<0,23	<0,21	<0,18	0,93	3,25	0,31	<0,17	<0,18	<0,12	<0,11	<0,14	0,31	0,46	0,31	0,46
Follo	19/2	<0,09	<0,08	<0,09	<0,09	<0,08	<1,23	2,39	<0,12	<0,15	<0,16	<1,02	<0,94	<1,00	<1,07	<0,06	<0,07	<0,08
Follo	19/3	<0,27	<0,31	<0,45	1,20	<0,44	8,40	13,79	<0,40	<0,47	<0,46	<1,02	<0,97	<1,07	<0,98	1,80	<0,32	1,60
Follo	19/4	<0,04	<0,05	<0,07	0,47	<0,06	4,19	13,20	<0,05	<0,05	0,62	0,47	0,62	<0,06	0,78	2,79	0,47	4,50
Arcola	19/1	<0,12	<0,17	<0,24	<0,23	<0,20	2,47	7,42	0,46	<0,16	<0,16	<0,13	<0,12	<0,18	<0,15	0,46	<0,15	1,08
Arcola	19/2	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,12	<0,94	2,70	<0,13	<0,13	<0,13	<0,74	<0,67	<0,72	<0,76	<0,04	<0,04	<0,06
Arcola	19/3	<0,25	<0,29	<0,23	<0,24	<0,23	1,80	4,60	<0,33	<0,27	<0,28	<0,78	<0,78	<0,90	<0,80	1,00	<0,22	<0,38
Arcola	19/4	<0,05	<0,07	<0,10	<0,10	<0,09	3,09	7,89	<0,06	<0,06	<0,07	<0,05	<0,05	<0,08	<0,07	1,55	<0,06	1,39
Maggiolina	19/1	<0,22	<0,31	<0,46	<0,45	<0,39	<0,47	1,24	<0,19	<0,22	<0,24	<0,22	<0,22	<0,29	<0,25	<0,34	<0,34	<0,48
Maggiolina	19/2	<0,07	<0,07	<0,12	<0,12	<0,11	<0,08	3,32	<0,13	<0,12	<0,13	<0,75	<0,66	<0,65	<0,76	<0,07	<0,07	0,32
Maggiolina	19/3	<0,45	<0,24	<0,38	<0,38	<0,36	5,21	13,23	<0,38	0,80	<0,57	<1,06	<1,03	<1,14	<1,02	1,20	<0,29	1,00
Fossamastra	19/1	<0,12	<0,21	<0,23	0,77	<0,15	<0,31	11,91	<0,12	<0,13	<0,13	<0,12	<0,12	<0,13	<0,13	1,86	<0,13	2,48
Fossamastra	19/2	<0,19	<0,23	<0,24	<0,22	<0,21	2,21	8,54	<0,37	<0,28	0,47	<0,99	<0,93	<0,96	<1,08	1,11	<0,16	1,11
Fossamastra	19/3	<0,34	<0,44	<0,28	<0,28	<0,28	2,21	10,22	<0,62	<0,50	0,80	<0,97	<0,93	<1,05	<0,99	3,01	<0,38	2,81
Fossamastra	19/4	<0,06	<0,07	<0,09	0,46	<0,09	3,56	11,78	<0,06	<0,07	0,62	0,46	<0,05	<0,07	0,46	1,86	<0,05	1,86
Melara	19/1	<0,13	<0,19	<0,32	<0,32	<0,29	<0,31	6,03	<0,18	<0,19	<0,19	0,46	<0,15	<0,22	<0,21	1,86	0,31	1,70
Melara	19/2	<0,10	<0,10	<0,11	<0,11	<0,11	<0,93	3,49	<0,11	<0,14	<0,16	<0,76	<0,71	<0,73	<0,82	<0,06	<0,07	<0,15
Melara	19/3	<0,33	<0,24	<0,24	<0,26	<0,24	1,60	4,80	<0,35	<0,28	<0,29	<0,84	<0,77	<0,89	<0,82	0,60	<0,22	<0,40
Melara	19/4	<0,04	<0,05	<0,08	0,93	<0,08	5,87	14,99	<0,05	<0,05	<0,05	0,77	0,46	<0,06	0,62	2,16	<0,05	2,01

Tabella 34 - Ratei di deposizione di congeneri di PCDD e PCDF. Valori in $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$.

La maggior parte dei ratei sono risultati inferiori al limite di quantificazione: solo octaclorodibenzo-p-diossina (OCDD), la meno tossica delle diossine (Appendice 1) e, saltuariamente 1,2,3,6,7,8-HxCDD e 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD tra i congeneri di PCDD, e soprattutto octaclorodibenzofurano (OCDF) e 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF tra i congeneri di PCDF, sono risultati rilevabili nei campioni di deposizione. La TCDD è stata rilevata solo in un campione.

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

¹⁴ 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.

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
Follo	19/1	<0,2	0,9	<0,5	<0,3	5,7	<0,5	15,2	<0,5	4,3	0,8	1,1	0,9
Follo	19/2	<1,0	5,6	2,5	2,5	11,3	2,7	24,0	3,0	3,5	2,4	3,3	2,7
Follo	19/3	<2,4	11,0	<2,5	<1,0	22,2	<2,4	47,2	<2,3	5,6	<1,1	3,0	<1,0
Follo	19/4	<0,9	<0,8	<2,5	<0,4	16,0	<4,3	27,3	<4,2	4,8	<0,9	2,8	<1,1
Arcola	19/1	<0,2	<0,2	<0,5	<0,2	8,7	<0,5	16,2	<0,6	3,1	0,6	1,2	<0,3
Arcola	19/2	<0,9	5,6	2,4	2,4	15,4	<1,1	32,8	3,0	6,3	3,2	4,6	2,5
Arcola	19/3	<2,3	8,2	<2,3	<1,2	23,0	<2,3	55,2	<2,4	9,6	2,2	5,0	1,2
Arcola	19/4	<1,6	<0,9	<3,9	<0,6	39,7	<4,8	74,1	<5,1	26,1	<1,9	9,9	<1,5
Maggiolina	19/1	<0,3	<0,2	<0,7	<0,3	3,1	<1,0	5,9	<0,8	0,5	0,5	<0,6	<0,5
Maggiolina	19/2	<1,1	7,3	3,3	2,5	31,7	3,6	64,9	3,8	9,7	4,0	6,5	3,3
Maggiolina	19/3	<2,5	11,2	<3,5	<1,8	45,7	<3,4	92,6	<3,5	12,8	3,8	6,4	<1,9
Fossamastra	19/1	<0,3	0,8	<0,8	<0,5	13,3	<0,8	29,2	<0,8	4,8	1,1	1,2	<0,7
Fossamastra	19/2	<1,3	17,1	6,2	3,3	90,2	7,3	189,8	6,6	44,9	10,8	26,1	8,5
Fossamastra	19/3	<2,7	18,0	<3,5	<2,5	84,2	5,8	188,4	<3,6	33,7	6,0	18,2	4,8
Fossamastra	19/4	<1,1	12,6	<2,8	<0,6	77,5	<5,6	175,1	<5,4	41,1	<3,4	4,9	5,3
Melara	19/1	<0,2	<0,3	<0,8	<0,6	14,4	<0,8	28,3	<0,8	6,8	1,2	2,5	1,4
Melara	19/2	<1,0	7,3	2,9	2,7	19,2	3,0	36,6	3,0	7,0	3,3	4,9	3,0
Melara	19/3	<2,2	9,8	<2,0	<0,9	23,6	<2,1	46,4	<2,2	6,6	1,4	3,0	<1,2
Melara	19/4	<3,3	<1,1	<5,7	<1,0	16,8	<3,3	33,2	<3,0	<1,1	<1,1	<1,3	<1,0

Tabella 35 - Ratei di deposizione di congeneri di PCB. Valori in pg/m²/d.

Come per le diossine, anche se in minor misura, i PCB ricercati sono risultati a volte inferiori al limite di quantificazione (LdQ). Deposizioni di PCB significativamente superiori al LdQ sono stati rilevati in quasi tutte le campagne e postazioni per i congeneri PCB 77, PCB 105, PCB 118, PCB 156, PCB 157, PCB 167 e PCB 189 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.

Va ricordato che le deposizioni massicche sopra riportate di PCB, ma anche di PCDD/F, hanno una limitata valenza ambientale in termini di tossicità. Nelle deposizioni della città della Spezia sono in generale poco significativi i PCB maggiormente tossici, quale il congenere PCB 126 (TEF pari a 0,1) e il PCB 169 (TEF pari a 0,03), a meno della campagna estiva **P14 19/2** in tutte le postazioni, mentre quelli maggiormente rilevati sono di tossicità limitatissima.

Le deposizioni totali di PCDD/F e PCB *dl* 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) in pg I-TEQ/m²/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:

Postazione	Campagna	TEQ PCDD/F medium-bound	TEQ PCB dl medium-bound	TEQ PCDD/F+PCB dl medium-bound
Follo	19/1	0,39	0,03	0,42
Follo	19/2	0,34	0,33	0,67
Follo	19/3	0,84	0,14	0,99
Follo	19/4	0,68	0,13	0,81
Arcola	19/1	0,30	0,03	0,33
Arcola	19/2	0,31	0,31	0,62
Arcola	19/3	0,52	0,14	0,66
Arcola	19/4	0,15	0,21	0,36
Maggiolina	19/1	0,38	0,04	0,42
Maggiolina	19/2	0,26	0,41	0,67
Maggiolina	19/3	0,84	0,21	1,04
Fossamastra	19/1	0,31	0,05	0,36
Fossamastra	19/2	0,69	0,73	1,42
Fossamastra	19/3	1,03	0,22	1,26
Fossamastra	19/4	0,59	0,16	0,75
Melara	19/1	0,33	0,05	0,38
Melara	19/2	0,30	0,37	0,67
Melara	19/3	0,55	0,12	0,67
Melara	19/4	0,44	0,30	0,74

Tabella 36 - Ratei di deposizione di PCDD/F e PCB dl. Valori in pg TEQ/m²/d.

I ratei di deposizione di PCDD/F e PCB, espressi in TEQ, risultano nel 2019 di bassa entità, in genere inferiori a 1 pg I-TEQ/m²/d, fatta eccezione per i casi seguenti:

- nella postazione di Maggiolina nella campagna autunnale **P14 19/3** in cui si sono avute maggiori deposizioni di PCDD/F rispetto ai PCB;
- nella postazione di Fossamastra nella campagna estiva **P14 19/2** dovuto alle deposizioni di PCB e autunnale **19/3** dovuto per lo più a deposizioni di PCDD/F.

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

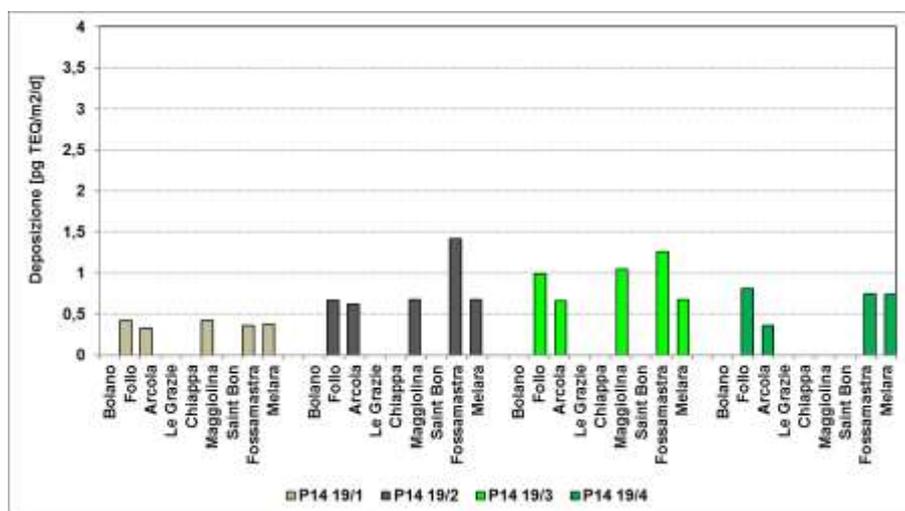


Figura 44 - Deposizioni di PCDD/F e PCB dl "medium-bound". Valori in pg TEQ/m²/d.

Dalla figura precedente risultano evidenti le basse deposizioni di specie clorurate piuttosto uniformi nelle postazioni urbane ed extraurbane. Le minori deposizioni si sono avute in primavera.

5.3.2.1 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-TEQ/kg di peso corporeo. Tali autori hanno proposto che la deposizione media annuale di PCDD/F non debba eccedere 3,4–10 pg WHO-TEQ/m²/d come media annuale e 6,8–27 pg WHO-TEQ/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-TEQ/m²/d¹⁵. Nel 2004, in base ancora a considerazione sulla TDI, tale valore guida è stato abbassato a 4 pg WHO-TEQ/m²/d¹⁶.

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-TEQ/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-TEQ/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-TEQ/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 anche¹⁷).

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.

Per valutare i ratei medio di deposizioni di specie clorurate sono stati inclusi tutti i dati in quanto non si sono verificati eventi ritenuti anomali che possono aver influito sulle deposizioni tipiche del comprensorio.

Il rateo medio annuale di deposizione di PCDD/F per il 2019 quindi è pari a 0,49 ± 0,24 I-TEQ pg/m²/d, quello di PCB *dl* a 0,21 ± 0,17 I-TEQ pg/m²/d e il complessivo di PCDD/F e PCB *dl* a 0,70 ± 0,31 I-TEQ pg/m²/d, valori inferiori ai ratei medi degli ultimi due anni.

Le deposizioni medie del 2019 del comprensorio di Spezia sono circa un sesto del valore guida di 4 WHO-TEQ pg/m²/d e si possono escludere significativi apporti antropici come risulta dal confronto con la tabella seguente che riporta una serie di intervalli di valori misurati in aree rurali, urbane e industriali tratti dalla letteratura per altri siti italiani:

¹⁵ Länderausschusses für Immissionsschutz den Bericht "Immissions-werte für die Luftschadstoffe PCDD und PCDF", 1994

¹⁶ Bericht des Länd erausschusses für Immissionsschutz (LAI), Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüber wachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe – Vom 21. September 2004

¹⁷ 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

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

I valori di deposizione rilevati alla Spezia sono in linea o inferiori ai valori minimi rilevati in aree a differenti tipologia in Italia e in nazioni europee, come riportati nella tabella che segue¹⁸:

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

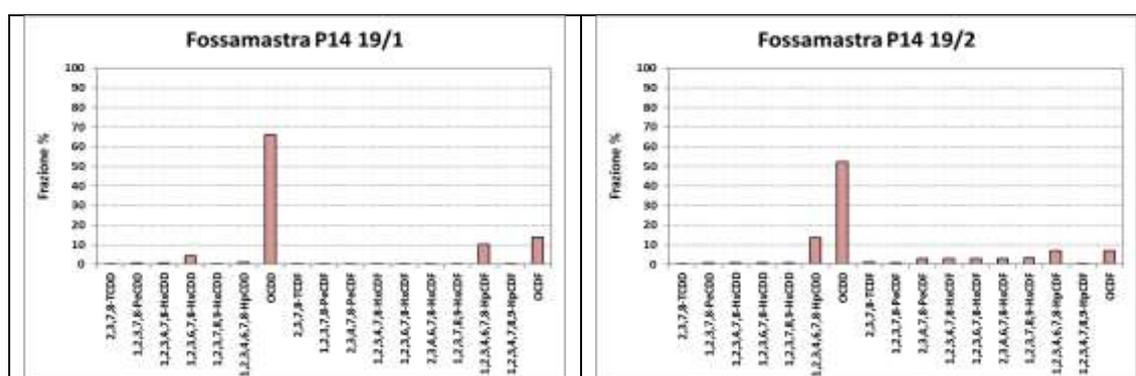
Tabella 38 - Intervalli minimi e massimi di deposizione in diverse aree europee, Valori in pg I-TEQ/m²/d, Valori in pg TEQ/m²/d.

In sintesi, le deposizioni complessive di PCDD/F e PCB nel 2019 sono risultate basse.

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

L'esame dei *pattern* di PCDD/F indica che si tratta di quelli ubiquitariamente presenti nelle deposizioni italiane e nel resto del mondo¹⁹, ove domina la presenza di OCDD e di 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD.

Alcuni esempi sono mostrati di seguito relativi alla postazione di Fossamastra:



¹⁸ 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"

¹⁹ Per una discussione di questo pattern, si vedano i rapporti precedenti.

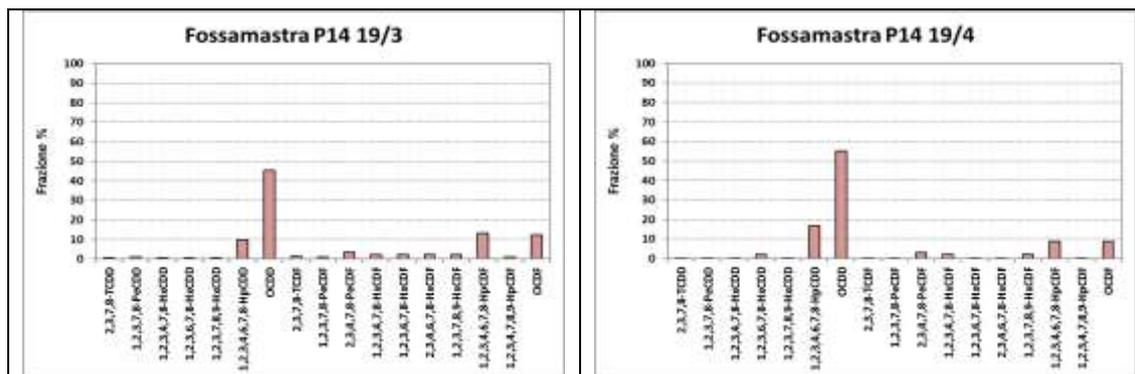


Figura 45 - *Pattern* delle deposizioni di PCDD/F a Fossamastra per le campagne P14 19/1 (primaverile), P14 19/2 (estiva), P14 19/3 (autunnale), P14 19/4 (invernale).

Pattern analoghi si rilevano anche nelle altre postazioni per le medesime campagne.

Allo stesso modo delle PCDD/F, anche i PCB *dl* mostrano nel 2019 un *pattern* molto comune, analogo anche a quello riscontrato nel 2014-18. Con minime variazioni, il tipico *pattern* è quello mostrato nella figura che segue, relativo alle deposizioni di Melara, Magliolina, Follo e Fossamastra in differenti campagne.

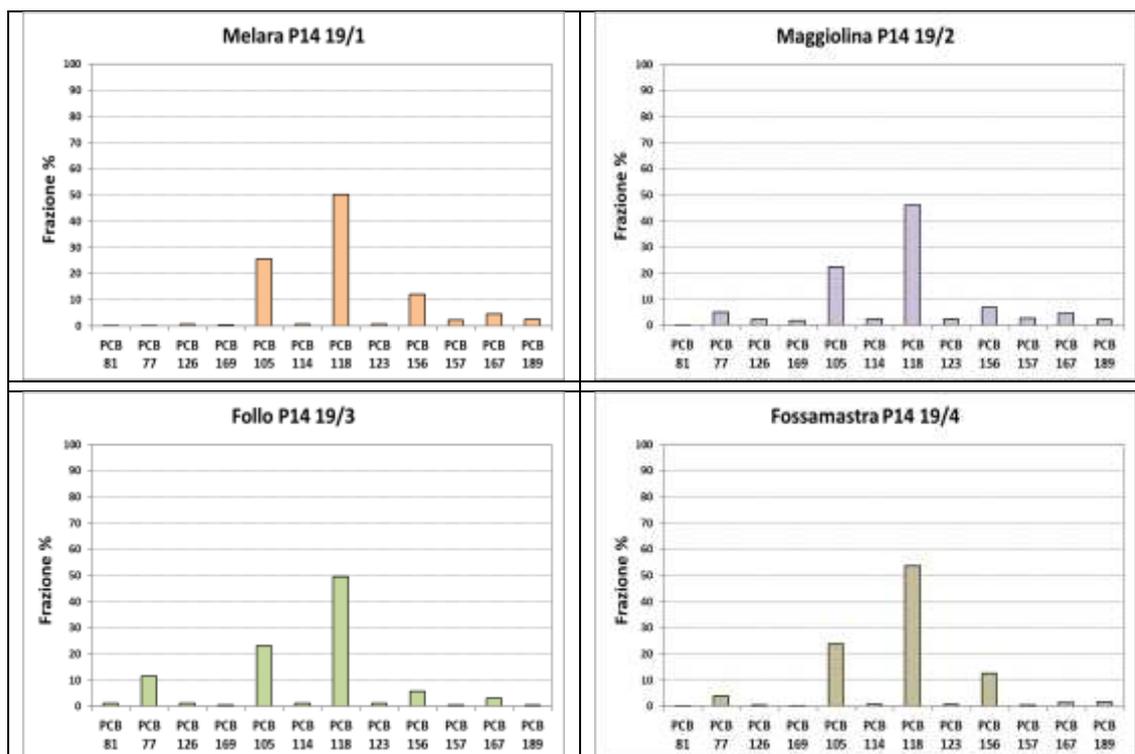


Figura 46 - *Pattern* delle deposizioni di PCB nel corso di differenti campagne annuali.

Tali pattern sono del tutto simili, ad esempio, a quelli delle campagne invernali P14 14/1, P14 16/1 e P14 17/1, primaverile P14 15/2 e autunnale P14 18/4 a Fossamastra.

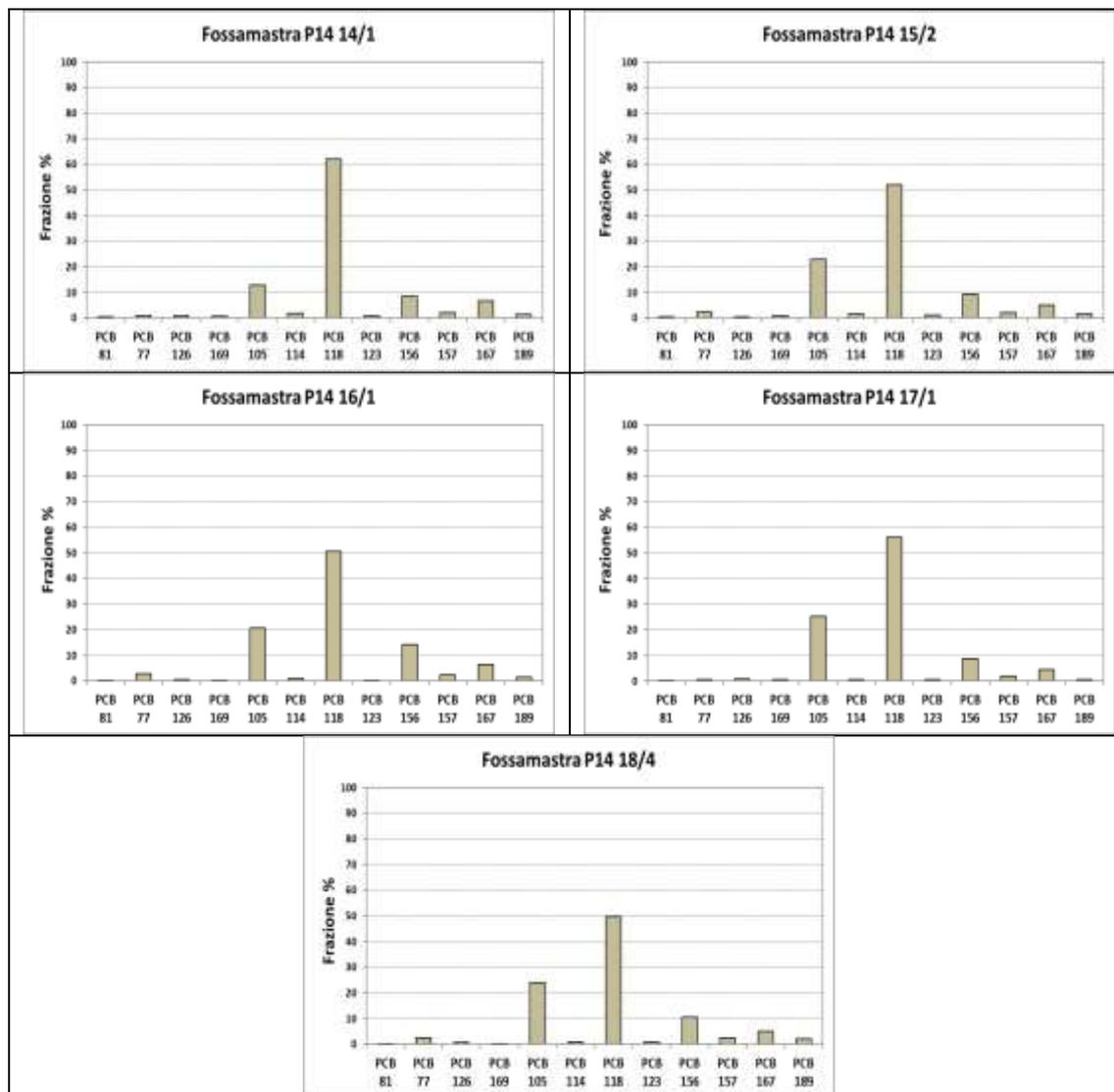


Figura 47 - *Pattern* delle deposizioni di PCB in campagne del 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018.

Riferendosi solo ai campioni con PCB *dl* superiori al LdQ, lo stesso *pattern* si ritrova nelle deposizioni delle altre postazioni.

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 rapporto del 2015²⁰, cui si rimanda.

²⁰ Rapporto P14 anno 2015 prot. ARPAL nr. 11569 del 14/04/2017

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

Postazione (Abbr.)	Campagna	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nssSO ₄ ²⁻
Bolano (BL)	P14 19/1	4,05	7,10	1,22	1,40	2,85	11,23	7,21	6,87	5,30
Bolano (BL)	P14 19/2	3,72	0,57	0,36	1,19	1,07	1,16	3,52	2,67	2,51
Bolano (BL)	P14 19/3	8,23	10,29	1,95	3,17	0,31	17,17	10,06	10,12	7,73
Bolano (BL)	P14 19/4	10,82	26,01	4,00	4,46	2,34	43,15	13,51	11,79	5,77
Follo (FL)	P14 19/1	2,47	8,70	1,09	0,64	3,70	13,61	8,96	7,39	5,49
Follo (FL)	P14 19/2	5,14	0,94	0,34	0,22	0,65	2,34	4,02	3,17	2,85
Follo (FL)	P14 19/3	4,37	11,88	1,51	1,36	6,43	18,59	10,21	10,38	7,79
Follo (FL)	P14 19/4	4,07	22,79	2,84	1,15	2,70	36,33	11,77	10,00	4,93
Arcola (AR)	P14 19/1	4,16	7,78	1,03	0,57	2,51	12,49	7,96	6,96	5,22
Arcola (AR)	P14 19/2	5,59	1,16	0,36	0,41	1,68	4,27	3,90	3,29	2,69
Arcola (AR)	P14 19/3	3,88	10,68	1,35	1,07	2,35	15,70	9,16	10,52	8,33
Arcola (AR)	P14 19/4	4,07	22,15	2,74	1,28	3,11	35,80	10,91	9,12	4,12
Le Grazie (LG)	P14 19/1	3,42	14,48	1,83	1,43	4,64	23,10	8,45	8,72	5,49
Le Grazie (LG)	P14 19/2	3,64	1,76	0,47	0,19	0,22	2,99	0,02	2,64	2,22
Le Grazie (LG)	P14 19/3	3,66	14,23	1,83	1,54	2,15	22,40	9,34	10,26	7,13
Le Grazie (LG)	P14 19/4	4,27	33,21	4,14	1,53	2,15	55,38	9,82	11,90	4,17
Chiappa (CH)	P14 19/1	2,05	4,80	0,67	0,85	2,51	8,10	6,52	4,46	3,32
Chiappa (CH)	P14 19/2	4,52	0,83	0,33	0,42	0,63	3,28	3,80	2,99	2,53
Chiappa (CH)	P14 19/3	3,70	11,86	1,50	1,06	3,38	19,10	9,84	10,12	7,45
Chiappa (CH)	P14 19/4	5,42	30,37	3,82	1,52	7,73	49,25	15,17	13,79	6,91
Maggiolina (MG)	P14 19/1	5,35	15,72	2,17	1,90	3,89	25,44	9,77	10,48	6,93
Maggiolina (MG)	P14 19/2	6,76	1,20	0,70	2,37	0,35	3,79	3,40	3,79	3,26
Maggiolina (MG)	P14 19/3	5,01	11,79	1,65	1,21	2,42	18,42	11,18	10,38	7,80
Maggiolina (MG)	P14 19/4	non disponibile								
Saint Bon (SB)	P14 19/1	6,57	7,03	1,31	1,15	3,68	11,57	6,96	5,84	4,22
Saint Bon (SB)	P14 19/2	6,10	0,99	0,59	0,58	1,51	1,88	3,79	3,09	2,83
Saint Bon (SB)	P14 19/3	8,66	16,71	2,85	2,81	5,81	27,25	10,67	12,14	8,34
Saint Bon (SB)	P14 19/4	7,99	31,23	4,32	2,83	5,63	50,64	13,26	13,09	6,02
Melara (ME)	P14 19/1	3,07	9,49	1,33	0,59	3,28	15,10	8,26	7,50	5,39
Melara (ME)	P14 19/2	4,16	0,81	0,33	0,33	1,92	1,96	3,33	3,24	2,97
Melara (ME)	P14 19/3	6,68	13,54	2,19	2,51	2,40	21,03	9,89	10,61	7,68
Melara (ME)	P14 19/4	5,68	24,53	3,17	1,42	3,02	39,45	11,75	11,18	5,67
Fossamastra (FS)	P14 19/1	25,38	15,87	2,62	0,91	2,35	25,83	8,56	9,26	5,65
Fossamastra (FS)	P14 19/2	15,75	1,82	0,87	0,39	0,92	5,03	4,25	3,81	3,11
Fossamastra (FS)	P14 19/3	12,74	13,34	2,76	0,66	0,26	21,60	9,51	11,10	8,08
Fossamastra (FS)	P14 19/4	18,15	27,42	5,37	1,31	2,64	45,50	11,52	12,94	6,59

Tabella 39 - Ratei di deposizione di specie ioniche nelle campagne di monitoraggio 2019 (Valori in $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$).

Le specie ioniche maggiormente rilevate nella fase acquosa dei deposimetri sono Na⁺ e Cl⁻, di origine marina.

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 22:

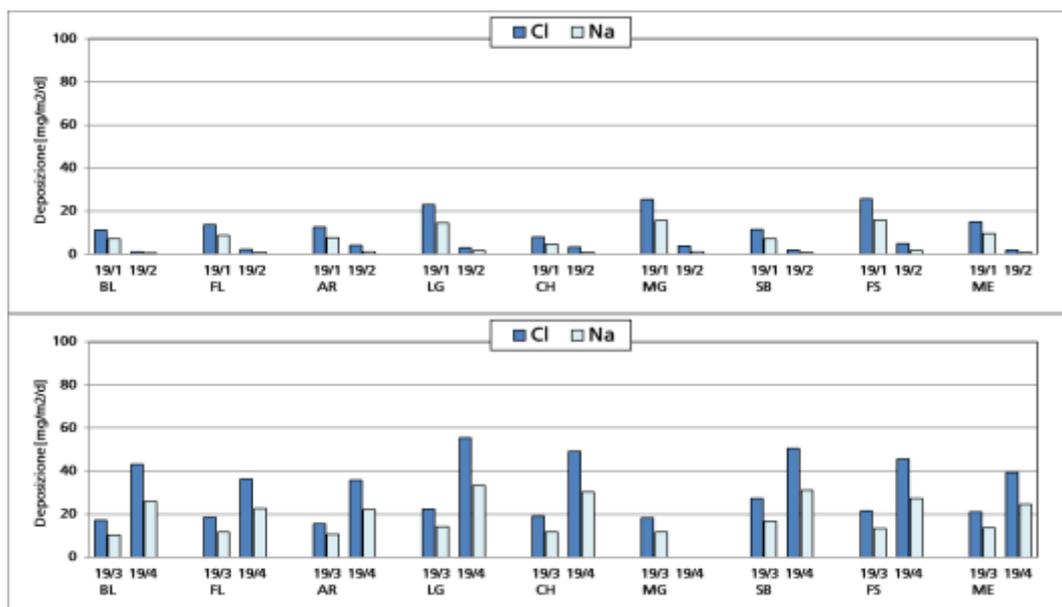


Figura 48 - Deposizioni di cloro e sodio nelle campagne di monitoraggio campagne del 2019.

Le maggiori deposizioni di sodio e cloruro si sono avute nella campagna invernale **P14 19/4** (massimi valori di precipitazioni del 2019) per gli apporti da aerosol marino e le minime nella campagna estiva **P14 19/2** (precipitazioni quasi assenti), in accordo con quanto riportato in letteratura [Cuccia et al., 2014].

Per via della presenza di aerosol marino, è stata calcolato il solfato non marino ($nssSO_4^{2-}$) riportato nell'ultima colonna della Tabella 39. 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., 2016]. I solfati di origine marina sono stati calcolati attraverso una relazione, che tiene conto dei rapporti relativi tra sodio e solfati nell'acqua di mare²²:

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

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:

²¹ nssSO4: non sea sulphate

²² 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.

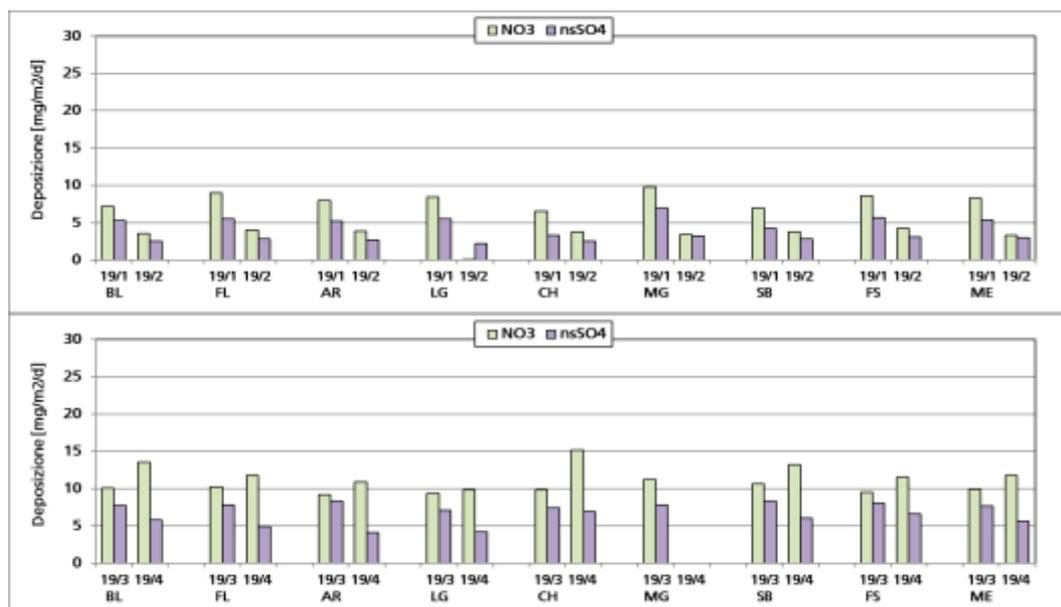


Figura 49 - Deposizioni di nitrati e solfati non marini (nsSO₄) nelle campagne del 2019.

Come riscontrato negli anni precedenti, le deposizioni di NO₃⁻ sono risultate spesso maggiori di quelle dei SO₄²⁻, in quanto sono maggiormente rilevanti le emissioni di NO_x rispetto a quelle dei SO₂. Le maggiori deposizioni di NO₃⁻ si sono riscontrate nella campagna invernale **19/4** mentre quelle di SO₄²⁻ nella campagna autunnale **19/3**, entrambe caratterizzate dalle maggiori precipitazioni rilevate nel corso dei monitoraggi. Le minime deposizioni di nitrati e solfati si sono avute durante la campagna estiva **19/2**, con precipitazioni minime o assenti nella maggior parte delle postazioni, e possono rappresentare l'entità della deposizione secca di queste specie ioniche, confermando che il meccanismo predominante della deposizione di specie ioniche è per via umida.

5.5 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.

5.5.1 Rateo di deposizione di polveri

In Tabella 40 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]	% di esercizio CTE
ME 19/A	17/12/2018	15/01/2019	29	16	36	48%
ME 19/B	15/01/2019	14/02/2019	30	17	222	100%
ME 19/C	14/02/2019	14/03/2019	28	29	44	0%
P14 19/1	14/03/2019	18/04/2019	35	24	188	0%
ME 19/D	18/04/2019	22/05/2019	34	41	219	0%
ME 19/E	22/05/2019	20/06/2019	29	36	125	0%
P14 19/2	20/06/2019	24/07/2019	34	48	52	32%
ME 19/F	24/07/2019	05/09/2019	43	52	130	16%
ME 19/G	05/09/2019	08/10/2019	33	3	148	6%
P14 19/3	08/10/2019	04/11/2019	27	27	278	0%
P14 19/4	07/11/2019	12/12/2019	35	14	370	54%

Tabella 40 – Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili e entità precipitazioni a Melara.

In relazione ai dati precedenti, non si registra alcuna correlazione tra ratei di deposizione di polveri ed esercizio della Centrale.

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 19 mentre quelli in rosso alle campagne aggiuntive. E' stata inclusa anche la precipitazione raccolta, in mm, con asse secondario invertito:

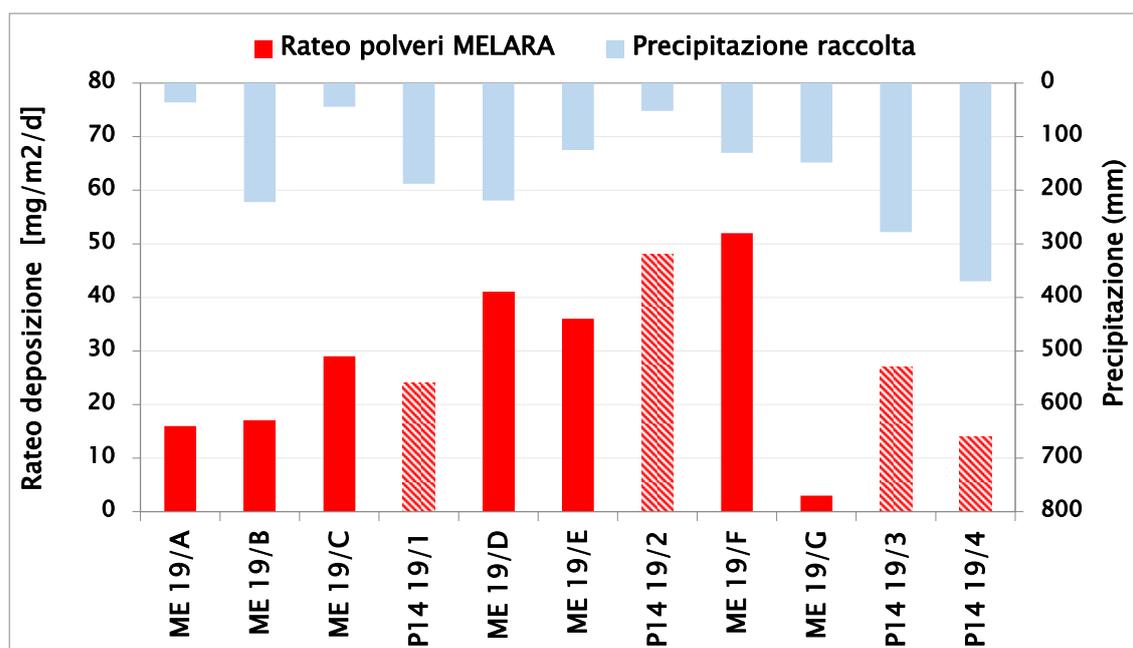


Figura 50 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili nel corso dell'anno.

Durante l'anno non si evidenziano particolari anomalie ma un andamento lievemente crescente nel corso della stagione calda: i valori di ratei più elevati registrati in primavera e estate rimangono comunque inferiori a 52 mg/m²/d.

5.5.1 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 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ e sono evidenziati con (*) i ratei calcolati a partire dai valori al LdR:

Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
ME 19/A	0,03*	0,030*	0,006*	0,030	2,08	0,77	0,68	4,40	3,07	0,78
ME 19/B	0,03*	0,029*	0,006*	0,029	2,53	0,97	2,25	4,90	3,46	0,89
ME 19/C	0,03*	0,031*	0,006*	0,031	3,48	1,51	4,66	9,57	10,07	1,32
P14 19/1	0,22	0,010	0,004*	0,005*	5,80	0,53	12,69	40,19	9,13	2,12
ME 19/D	0,10	0,026*	0,010	0,026*	2,76	1,31	7,46	7,42	14,69	2,03
ME 19/E	0,04	0,030*	0,005	0,030*	2,90	1,39	2,15	5,77	10,58	1,31
P14 19/2	0,61	0,039	0,004*	0,005*	6,00	1,26	15,12	27,14	26,04	3,97
ME 19/F	0,66	0,158	0,094	0,045	0,41	3,07	14,54	9,89	17,10	1,33
ME 19/G	0,39	0,046*	0,046*	0,046*	1,17	0,62	2,11	1,73	1,32	0,05*
P14 19/3	0,14	0,015	0,005*	0,005*	21,00	7,48	10,61	18,56	23,00	4,09
P14 19/4	0,23	0,004*	0,024	0,030	3,80	0,68	6,77	6,34	4,14	1,37

Tabella 41 - Ratei di deposizione in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ di metalli nelle campagne di monitoraggio 2019. Con (*) sono identificati i valori inferiori al LdR.

In linea di massima i ratei di metalli sono variati in intervalli abbastanza ristretti a parte i valori di deposizione di Cr nella autunnale **19/3** e Cu nella primaverile **19/1** che risultano più elevati rispetto ai dati misurati nel corso dell'anno in questa postazione.

Nelle campagne con funzionamento di C.le superiore al 50% (ME 19/B, P14 19/4), i ratei di metalli risultano confrontabili con quelli di campagne con funzionamento nullo o decisamente più ridotto.

Nella tabella seguente sono riassunte le concentrazioni dei metalli nel corso dell'anno, espresse in $\mu\text{g}/\text{g}$. I dati inferiori al limite di rilevabilità sono sostituiti con metà del loro valore limite, e sono evidenziati con (*):

Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
ME 19/A	1,88*	1,88*	0,38*	1,88	131	48	43	276	193	49
ME 19/B	1,74*	1,74*	0,35*	1,74	152	58	135	294	208	53
ME 19/C	1,08*	1,08*	0,22*	1,08	122	53	163	334	352	46
P14 19/1	8,94	0,42	0,17*	0,17*	238	22	520	1646	374	87
ME 19/D	2,35	0,63	0,25	0,63	68	32	183	182	360	50
ME 19/E	1,17	0,83	0,13	0,83	81	39	60	161	295	37
P14 19/2	12,59	0,81	0,09*	0,09*	125	26	314	564	541	83
ME 19/F	12,78	3,07	1,83	0,86	8	59	282	192	331	26
ME 19/G	141,33	16,67*	16,67*	16,67*	425	227	768	630	481	17*
P14 19/3	3,23	0,37	0,06*	0,42*	298	112	127	490	619	108
P14 19/4	6,22	0,63*	0,16	0,90	312	124	106	268	563	116

Tabella 42 – Concentrazione di metalli nelle polveri depositate durante le campagne di monitoraggio 2019. Valori in $\mu\text{g}/\text{g}$. Con (*) sono identificati i valori inferiori al LdR.

Dalla Tabella 42 risulta che le concentrazioni dei metalli nel 2019 presentano una ridotta variabilità relativa nel corso dell'anno, tranne che per il già discusso Cu nella **19/1** e per i metalli della campagna **19/G**, caratterizzata dal minor rateo di polvere (vedi Tabella 40). Da notare, infatti che, tale campagna presenta bassi ratei di deposizione dei metalli (vedi Tabella 41), ma tra i più elevati valori di concentrazione rispetto alle altre campagne, eccetto che per il V.

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

Campagna	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nssSO ₄ ²⁻
ME 19/A	4,16	8,39	1,31	0,54	0,26	13,83	4,15	3,77	1,71
ME 19/B	24,00	20,37	2,89	0,89	1,85	34,07	12,59	7,41	2,40
ME 19/C	10,83	92,67	10,83	3,46	2,18	163,43	10,27	27,79	5,00
P14 19/1	3,07	9,49	1,33	0,59	3,28	15,10	8,26	7,50	5,39
ME 19/D	32,17	11,58	6,43	0,90	0,45	6,43	4,50	6,43	3,58
ME 19/E	21,55	4,31	4,31	0,43	0,22	nd	nd	nd	nd
P14 19/2	4,16	0,81	0,33	0,33	1,92	1,96	3,33	3,24	2,97
ME 19/F	16,63	4,46	3,33	0,58	0,23	6,25	1,66	3,59	2,50
ME 19/G	19,42	3,88	3,88	0,58	1,71	8,12	6,80	3,88	2,93
P14 19/3	6,68	13,54	2,19	2,51	2,40	21,03	9,89	10,61	7,68
P14 19/4	5,68	24,53	3,17	1,42	3,02	39,45	11,75	11,18	5,67

Tabella 43 - Ratei di deposizione in mg/m²/d di ioni nelle campagne di monitoraggio 2019.

I valori riportati in tabella evidenziano che le deposizioni più variabili sono quelle di sodio e cloro. La campagna **ME 19/C**, caratterizzata dalla quasi assenza di precipitazioni presenta stranamente una elevata quantità di sali marini (sodio, cloruro e magnesio) e solfati, probabilmente a causa delle condizioni meteorologiche: a fine campagna, infatti, sono state registrate le giornate più ventose alla Spezia con raffiche di burrasca fino a 80 km/h dai quadranti sud-occidentali e condizioni di mari fino a molto mossi o agitati.

I valori delle deposizioni di specie ioniche con Centrale sempre in funzione (**ME 19/B**) non si discostano particolarmente da quelli delle altre campagne, come visto in precedenza per i metalli.

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.

I campionamenti di PM₁₀ sono coincisi con i periodi di durata delle campagne di raccolta delle deposizioni (v. cap.5 tab1).

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 4:



Figura 51 – Andamento del PM₁₀ nelle postazioni di Chiappa, Le Grazie e Follo nel 2019. Valori in µg/m³

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 2019:

Campagna P14 19/1 (Primavera-Centrale ferma)			
Postazione	La Chiappa	Le Grazie	Follo
Data inizio	14-mar-19	14-mar-19	14-mar-19
Data fine	18-apr-19	18-apr-19	18-apr-19
n°valori giornalieri previsti	36	36	36
n°valori giornalieri sperimentali	34	35	34
% valori giornalieri sperimentali	94%	97%	94%
Superamenti 50 µg/m ³ nel periodo	0	0	0
Media nel periodo [µg/m³]	12,8	11,6	12,5
Dev.Stand	5,7	5,7	6,4
Minimo [µg/m ³]	4,7	1,8	2,1
Massimo [µg/m ³]	23,4	22,8	25,0
Mediana (50° percentile)	11,7	9,8	11,6
25° percentile	9,0	7,9	7,6
50° percentile	11,7	9,8	11,6
75° percentile	17,6	16,3	17,0
95° percentile	22,5	21,4	24,2

Tabella 44 – Sintesi dei dati di PM₁₀ a Chiappa, Le Grazie e Follo durante la campagna P14 19/1.

Campagna P14 19/2 (Estate-Centrale in funzione per il 32% del periodo)			
Postazione	La Chiappa	Le Grazie	Follo
Data inizio	20-giu-19	20-giu-19	20-giu-19
Data fine	27-lug-19	27-lug-19	27-lug-19
n°valori giornalieri previsti	38	38	38
n°valori giornalieri sperimentali	32	32	34
% valori giornalieri sperimentali	84%	84%	89%
Superamenti 50 µg/m ³ nel periodo	0	0	0
Media nel periodo [µg/m³]	18,3	17,5	17,5
Dev.Stand	5,5	5,2	4,9
Minimo [µg/m ³]	10,3	7,7	7,4
Massimo [µg/m ³]	34,0	27,7	30,7
Mediana (50° percentile)	17,6	16,9	17,7
25° percentile	15,1	13,7	14,2
50° percentile	17,6	16,9	17,7
75° percentile	20,3	21,4	20,3
95° percentile	28,4	25,9	25,3

Tabella 45 – Sintesi dei dati di PM₁₀ a Chiappa, Le Grazie e Follo durante la campagna P14 19/2.

Campagna P14 19/3 (Autunno-Centrale ferma)			
Postazione	La Chiappa	Le Grazie	Follo
Data inizio	08-ott-19	08-ott-19	08-ott-19
Data fine	04-nov-19	04-nov-19	04-nov-19
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]	18,5	19,0	16,4
Dev.Stand	5,4	6,0	5,1
Minimo [µg/m ³]	7,5	6,2	7,8
Massimo [µg/m ³]	33,0	34,4	25,5
Mediana (50° percentile)	18,3	19,0	17,0
25° percentile	14,5	15,4	12,7
50° percentile	18,3	19,0	17,0
75° percentile	21,2	23,7	20,3
95° percentile	26,4	26,4	24,1

Tabella 46 – Sintesi dei dati di PM₁₀ a Chiappa, Le Grazie e Follo durante la campagna P14 19/3.

Campagna P14 19/4 (Inverno- Centrale in funzione per il 54% del periodo)			
Postazione	La Chiappa	Le Grazie	Follo
Data inizio	07-nov-19	07-nov-19	07-nov-19
Data fine	11-dic-19	11-dic-19	11-dic-19
n°valori giornalieri previsti	35	35	35
n°valori giornalieri sperimentali	35	35	35
% valori giornalieri sperimentali	100%	100%	100%
Superamenti 50 µg/m ³ nel periodo	0	0	0
Media nel periodo [µg/m³]	12,2	12,2	12,4
Dev.Stand	4,7	4,8	5,5
Minimo [µg/m ³]	3,9	6,0	4,2
Massimo [µg/m ³]	25,5	22,9	24,0
Mediana (50° percentile)	11,5	10,6	11,6
25° percentile	9,1	7,9	7,2
50° percentile	11,5	10,6	11,6
75° percentile	14,5	15,4	15,2
95° percentile	20,0	20,5	21,9

Tabella 47 – Sintesi dei dati di PM₁₀ a Chiappa, Le Grazie e Follo durante la campagna P14 19/4.

La copertura dei dati giornalieri è risultata molto buona per tutte le campagne, rimanendo compresa tra l'84 e il 100% dei giorni di misura.

Per tutte le campagne e in tutte le postazioni considerate non si sono mai avuti superamenti del valore limite giornaliero normativo (50 µg/m³). Più in dettaglio, nella campagna primaverile (**P14 19/1**), le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ sono rimaste comprese tra 2 e 25 µg/m³ in tutte le postazioni, con valori medi del periodo compresi tra 12 e 13 µg/m³. Nella campagna estiva (**P14 19/2**), le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ sono risultate comprese tra 7 e 34 µg/m³, con un andamento coerente in tutte le postazioni e valori medi del periodo compresi tra 17 e 17 µg/m³. Nella campagna autunnale (**P14 19/3**) le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ sono risultate comprese tra 6 e 34 µg/m³ con un andamento simile in tutte le postazioni e valori medi del periodo compresi tra 16 e 19 µg/m³.

Nella campagna invernale (**P14 19/4**), i valori giornalieri sono risultati compresi tra 4 e 25 µg/m³ con un andamento coerente e valori medi del periodo uguali circa a 12 in tutte le postazioni.

Da un punto di vista più generale, la concentrazione media del PM₁₀ nei periodi di ciascuna campagna è risultata complessivamente contenuta e poco variabile tra le postazioni a parità di periodo di campionamento, come evidenziato dalla tabella che segue in cui sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard delle concentrazioni di PM₁₀ misurate a Chiappa, Le Grazie e Follo, distinti per le quattro campagne di monitoraggio.

Campagne	Chiappa	Le Grazie	Follo
P14 19/1 (14/03 - 18/04/19) - primavera	12,8 ± 5,7	11,6 ± 5,7	12,5 ± 6,4
P14 19/2 (20/06 - 24/07/19) - estate	18,3 ± 5,5	17,5 ± 5,2	17,5 ± 4,9
P14 19/3 (08/10 - 04/11/19) - autunno	18,5 ± 5,4	19,0 ± 6,0	16,4 ± 5,1
P14 19/4 (07/11 - 11/12/19) - inverno	12,2 ± 4,7	12,2 ± 4,8	12,4 ± 5,5

Tabella 48 - Confronto tra i valori medi ± 1 deviazione standard di PM₁₀ nelle campagne del 2019. Valori in µg/m³.

Per valutare la variazione spaziale del PM₁₀ nel periodo delle campagne, nelle figure che seguono, sono riportati gli andamenti temporali delle concentrazioni di PM₁₀ misurate a Chiappa, Le Grazie e Follo 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 riportati anche i dati di precipitazione osservati per la città della Spezia nel corso di ciascuna campagna.

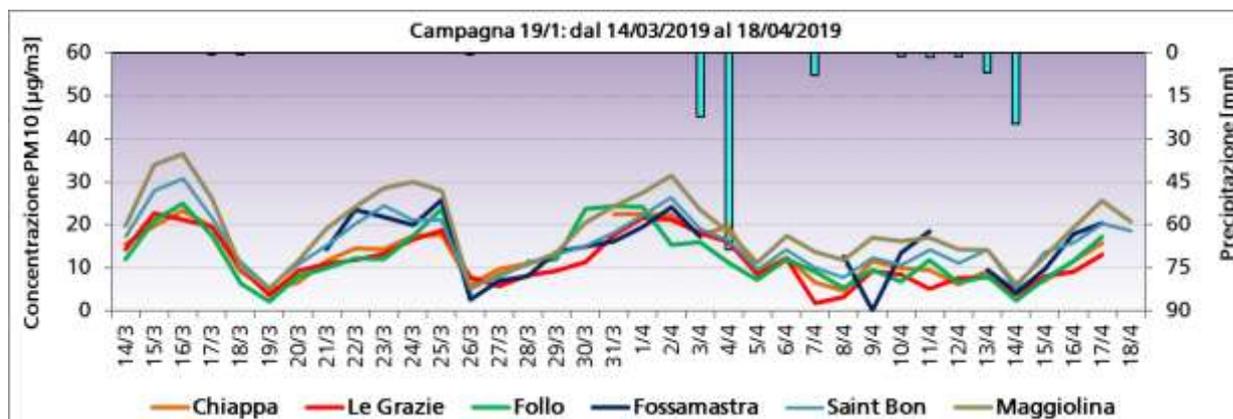


Figura 52 - Andamento temporale del PM₁₀ a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 19/1. Valori in µg/m³.

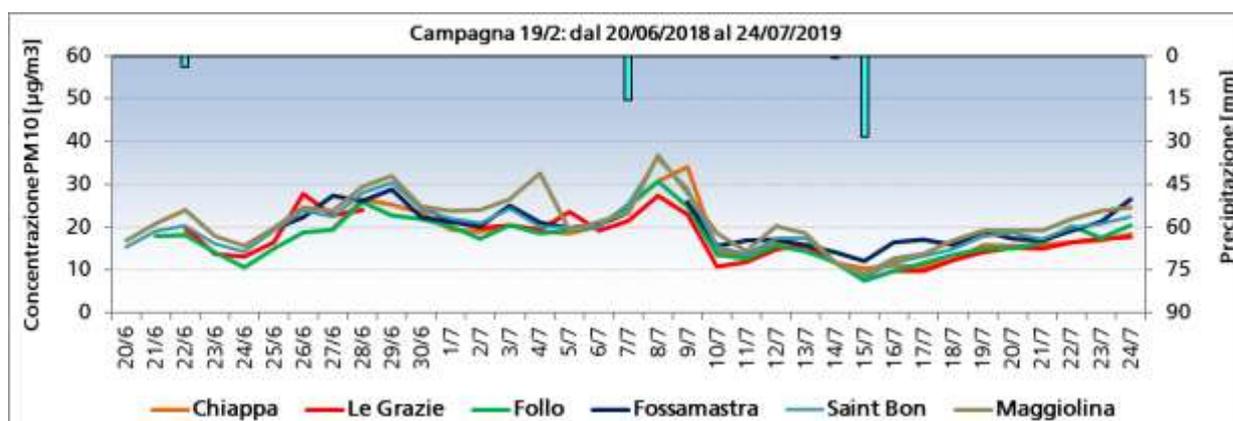


Figura 53 - Andamento temporale del PM₁₀ a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 19/2. Valori in µg/m³.

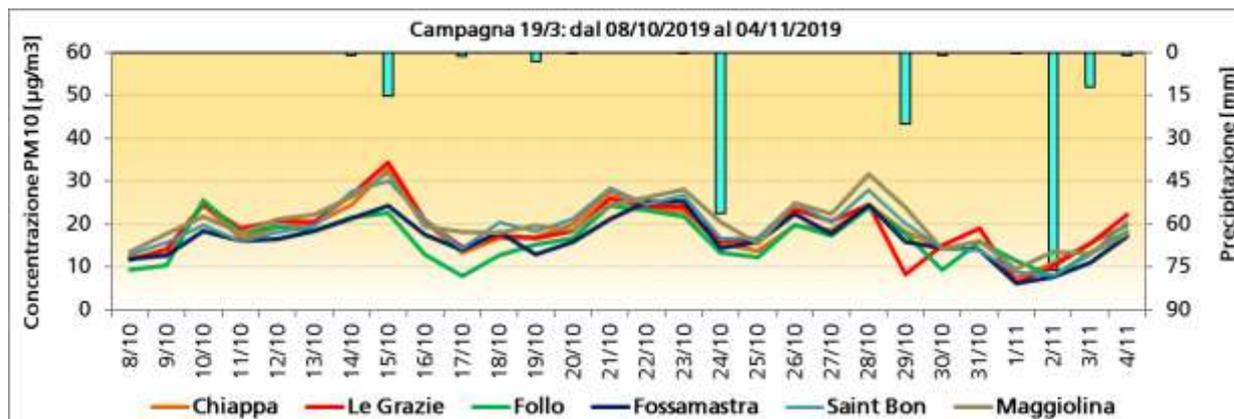


Figura 54 - Andamento temporale del PM₁₀ a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 19/3. Valori in µg/m³.

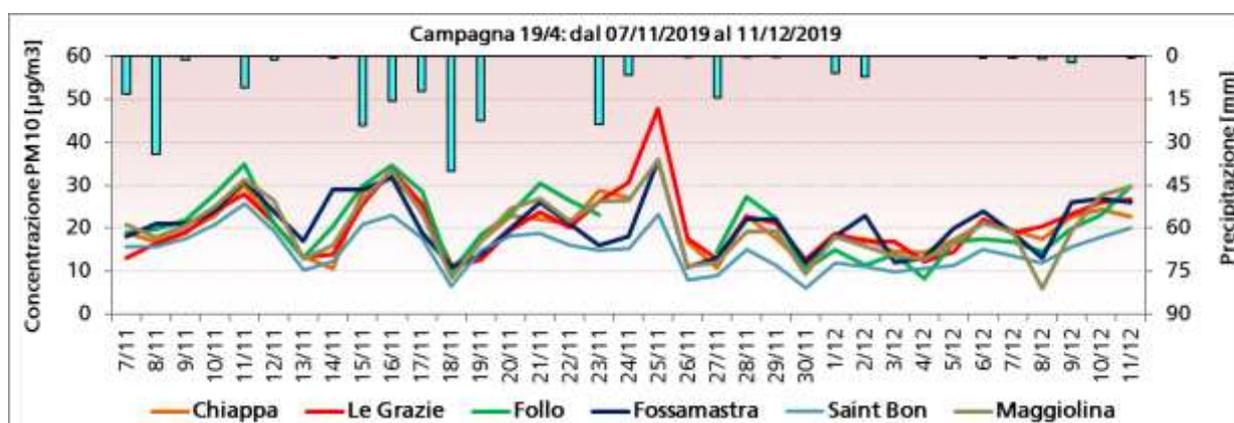


Figura 55 - Andamento temporale del PM₁₀ a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 19/4. Valori in µg/m³.

I grafici mettono in evidenza sia la coerenza della distribuzione del PM₁₀ in vari punti del comprensorio della città della Spezia, sia l'influenza di eventi puntuali probabilmente riconducibili a fenomeni spot locali. Si possono fare i seguenti commenti:

- **P14 19/1** (campagna primaverile): l'andamento della concentrazione del PM₁₀ è stato coerente in tutte le postazioni;
- **P14 19/2** (campagna estiva): l'andamento della concentrazione del PM₁₀ è stato coerente in tutte le postazioni salvo un valore di picco a Maggiolina il 04/07;
- **P14 19/3** (campagna autunnale): la concentrazione del PM₁₀ appare omogenea in tutte le postazioni e i valori sono confrontabili con quelli della campagna estiva;
- **P14 19/4** (campagna invernale): anche in questa campagna la concentrazione del PM₁₀ appare omogenea in tutte le postazioni, con valori bassi simili alle altre campagne. Come per le altre campagne si notano alcuni rialzi coerenti in tutte le postazioni, con la particolarità che il giorno 25/11 il massimo si è rilevato a Le Grazie.

In generale, si evidenzia una buona correlazione tra gli andamenti temporali del PM₁₀ nelle postazioni considerate, tranne i pochi eventi locali sopra descritti per la maggior parte riconducibili a fattori meteorologici.

La tabella seguente confronta i valori medi di PM₁₀ (± 1 deviazione standard) nelle campagne del 2019 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	La Chiappa	Le Grazie	Follo	Fossamastra	Saint Bon	Maggiolina
P14 19/1 (14/03 - 18/04/19)	12,8 \pm 5,7	11,6 \pm 5,7	12,5 \pm 6,4	18,2 \pm 5,8	17,6 \pm 6,3	20,0 \pm 7,3
P14 19/2 (20/06 - 24/07/19)	18,3 \pm 5,5	17,5 \pm 5,2	17,5 \pm 4,9	20,2 \pm 4,1	19,8 \pm 5,6	21,4 \pm 5,9
P14 19/3 (08/10 - 04/11/19)	18,5 \pm 5,4	19,0 \pm 6,0	16,4 \pm 5,1	16,8 \pm 4,8	19,3 \pm 5,7	20,3 \pm 5,4
P14 19/4 (07/11 - 11/12/19)	12,2 \pm 4,7	12,2 \pm 4,8	12,4 \pm 5,5	13,5 \pm 6,3	14,5 \pm 5,0	14,9 \pm 6,4

Tabella 49 - Confronto tra i valori medi di PM₁₀ nei quattro periodi di monitoraggio. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nella campagna primaverile si nota una differenza tra le concentrazioni medie di PM₁₀ nelle postazioni aggiuntive e in quelle urbane. Negli altri periodi di monitoraggio, non si sono avute differenze molto evidenti tra le varie postazioni, con valori medi di PM₁₀ confrontabili tenuto conto della variabilità del dato. In linea generale, le maggiori concentrazioni si sono avute nelle postazioni urbane della RQA, più influenzate dalle pressioni proprie dell'ambiente urbano.

Nella figura che segue è mostrato l'andamento del PM₁₀ nelle postazioni di Chiappa, Le Grazie, Follo nel periodo delle campagne e quello di Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina per il 2019. I periodi delle campagne sono indicati da un box rosso e i periodi di funzionamento della centrale sono evidenziati da uno sfondo grigio.

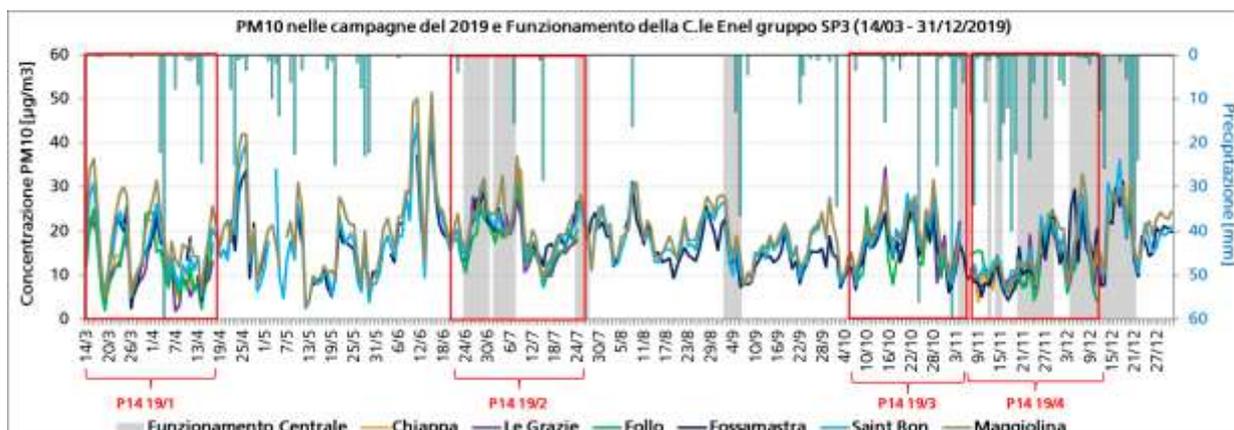


Figura 56 – Andamento del PM₁₀ nelle postazioni attivate durante le campagne e in quelle di Saint Bon, Fossamastra e Maggiolina della RQA, attive tutto l'anno.

Dalla figura si può osservare una forte omogeneità nelle concentrazioni di PM₁₀ anche nei periodi non considerati per le campagne della P14. Si evidenzia inoltre la correlazione fra la concentrazione di PM₁₀ in aria e le precipitazioni atmosferiche, con un netto decremento tipicamente osservato dopo i periodi piovosi che hanno principalmente caratterizzato la campagna autunnale e invernale. Non si rileva, invece, una dipendenza con i periodi di funzionamento della Centrale.

6.1 Caratterizzazione chimica del PM₁₀

I campioni giornalieri di PM₁₀ raccolti durante le campagne di monitoraggio 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 Amendola, Fossamastra e Maggiolina, dove è attivo il monitoraggio periodico di ARPAL, cui sono stati aggiunti i campioni prelevati nelle postazioni di Le Grazie, Follo e Chiappa.

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/m³;
- Cadmio: 5 ng/m³;
- Nickel: 20 ng/m³;
- Piombo: 500 ng/m³;
- benzo(a)pirene: 1 ng/m³.

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) nel PM₁₀. I valori sono espressi in ng/m³. La dicitura "nd", indica che non è disponibile il dato relativo al giorno di campionamento:

Campagna	Data	Follo	La Chiappa	Le Grazie	Amendola	Maggiolina	Fossamastra
P14 19/1	18/03/2019	< 1	< 1	< 1	2	< 1	< 1
	24/03/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	05/04/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	11/04/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	17/04/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P14 19/2	28/06/2019	< 1	< 1	< 1	nd	nd	nd
	04/07/2019	< 1	< 1	< 1	nd	1	< 1
	10/07/2019	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	< 1
	16/07/2019	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	< 1
	22/07/2019	< 1	< 1	< 1	1	< 1	nd
P14 19/3	08/10/2019	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	2,8
	20/10/2019	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	< 1
	26/10/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	01/11/2019	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1
P14 19/4	07/11/2019	nd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	13/11/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	1,7	< 1
	19/11/2019	< 1	< 1	< 1	nd	1,8	< 1
	01/12/2019	< 1	< 1	< 1	nd	1,9	< 1
	07/12/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Tabella 50 - Concentrazioni di Arsenico nei campioni di PM₁₀. Valori in ng/m³.

Campagna	Data	Follo	La Chiappa	Le Grazie	Amendola	Maggiolina	Fossamastra
P14 19/1	18/03/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	24/03/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	05/04/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	11/04/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	17/04/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P14 19/2	28/06/2019	< 1	< 1	< 1	nd	nd	nd
	04/07/2019	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	3
	10/07/2019	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	< 1
	16/07/2019	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	< 1
	22/07/2019	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	nd
P14 19/3	08/10/2019	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	< 1
	20/10/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	26/10/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	01/11/2019	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1
P14 19/4	07/11/2019	nd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	13/11/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	19/11/2019	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	< 1
	01/12/2019	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	< 1
	07/12/2019	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Tabella 51 - Concentrazioni di Cadmio nei campioni di PM₁₀. Valori in ng/m³.

Campagna	Data	Follo	La Chiappa	Le Grazie	Amendola	Maggiolina	Fossamastra
P14 19/1	18/03/2019	< 1	< 1	2,7	2,0	1,0	< 1
	24/03/2019	2,6	2,9	6,4	3,0	2,0	2,6
	05/04/2019	3,3	3,1	3,4	1,3	< 1	1,1
	11/04/2019	2,9	2,1	6,0	2,7	1,3	1,6
	17/04/2019	3,3	2,8	5,7	3,5	2,2	3,8
P14 19/2	28/06/2019	2,3	1,9	5,0	nd	nd	nd
	04/07/2019	1,3	1,2	3,7	nd	< 1	61,5
	10/07/2019	< 1	< 1	2,4	nd	< 1	< 1
	16/07/2019	1,1	< 1	2,9	nd	< 1	< 1
	22/07/2019	1,3	1,1	3,2	< 1	< 1	nd
P14 19/3	08/10/2019	1,5	1,4	2,1	nd	< 1	4,9
	20/10/2019	2,2	2,1	4,6	2,6	3,5	2,6
	26/10/2019	2,7	3,9	5,7	4	6,6	4,4
	01/11/2019	1,1	1,2	2,3	1,3	< 1	1,1
P14 19/4	07/11/2019	nd	1,3	2,6	1,5	3,8	3,8
	13/11/2019	1,2	3,1	4,7	1,5	3,1	2,2
	19/11/2019	< 1	2,3	3,0	nd	2,4	1,5
	01/12/2019	1,1	3,0	3,2	nd	2,4	1,6
	07/12/2019	3,8	8,5	8,0	39,7	68,0	7,0

Tabella 52 - Concentrazioni di Piombo nei campioni di PM₁₀. Valori in ng/m³.

Campagna	Data	Follo	La Chiappa	Le Grazie	Amendola	Maggiolina	Fossamastra
P14 19/1	18/03/2019	< 1	< 1	6,3	1,0	1,0	1,1
	24/03/2019	< 1	1,3	4,4	4,0	4,0	3,1
	05/04/2019	< 1	< 1	< 1	1,2	1,1	1
	11/04/2019	1,2	< 1	< 1	1,7	1,3	1,6
	17/04/2019	1,2	< 1	1,3	3,0	1,9	2,6
P14 19/2	28/06/2019	7,7	2,1	4,0	nd	nd	nd
	04/07/2019	2,6	2,4	2,6	nd	< 1	< 1
	10/07/2019	< 1	< 1	1,8	nd	< 1	< 1
	16/07/2019	1,8	< 1	6,1	nd	< 1	< 1
	22/07/2019	2,8	1,4	5,9	3,1	< 1	nd
P14 19/3	08/10/2019	1,1	2,1	< 1	nd	3,6	1,8
	20/10/2019	2,1	3,0	3,2	3,2	3,2	1,2
	26/10/2019	2,5	< 1	1,1	2,3	1,6	3,8
	01/11/2019	< 1	< 1	49,5	< 1	< 1	< 1
P14 19/4	07/11/2019	nd	< 1	10,2	1,4	4,4	3,9
	13/11/2019	< 1	9,7	1,6	1,0	1,3	1,5
	19/11/2019	1,2	2,0	2,2	nd	1,5	1,0
	01/12/2019	2,4	< 1	2,4	nd	1,4	1,3
	07/12/2019	2,8	< 1	1,4	2,1	< 1	< 1

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

Relativamente alle tabelle precedenti, si possono fare le seguenti osservazioni:

- **Arsenico e Cadmio:** i valori di concentrazione nel PM₁₀ sono risultati quasi sempre pari o inferiori al limite di rilevabilità in aria (1 ng/m³) e quindi di molto inferiori ai 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 nettamente inferiori al limite normativo di 500 ng/m³, con concentrazioni tipicamente rimaste comprese tra valori inferiori al limite di rilevabilità e 10 ng/m³ in tutte le postazioni eccetto che a Fossamastra il 04/07/2019 (valore 61,5 ng/m³), e il giorno 07/12/2019 Maggiolina (valore 68 ng/m³) e ad Amendola (valore 39,7 ng/m³);
- **Nickel:** i valori di concentrazione giornaliera di Ni sono risultati tipicamente compresi tra valori inferiori al limite di rilevabilità e 10 ng/m³ in tutte le postazioni ad esclusione di Le Grazie il 01/11 (49,5 ng/m³).

6.1.2 Contenuto di benzo[a]pirene nel PM₁₀

Come sopra descritto il benzo[a]pirene (BaP) è stato misurato solo nei campioni di Amendola, Fossamastra e Maggiolina, postazioni in cui viene determinato con frequenza di sei giorni, in corrispondenza della caratterizzazione dei metalli. I risultati sono riportati nella tabella seguente.

Campagna	Data	Amendola	Maggiolina	Fossamastra
P14 19/1	15/03/2019	0,28	0,15	0,15
	21/03/2019	0,13	0,13	0,11
	27/03/2019	0,04	0,04	0,04
	02/04/2019	0,11	0,15	0,13
	08/04/2019	0,04	nd	0,04
P14 19/2	14/04/2019	0,04	nd	0,04
	25/06/2019	0,04	nd	0,04
	01/07/2019	nd	nd	nd
	07/07/2019	nd	0,04	0,04
	13/07/2019	0,04	0,04	0,04
P14 19/3	19/07/2019	nd	0,04	0,04
	11/10/2019	nd	0,06	0,04
	17/10/2019	0,09	0,04	0,04
	23/10/2019	0,04	0,04	0,04
	29/10/2019	0,09	0,04	0,04
P14 19/4	04/11/2019	0,04	0,04	0,04
	10/11/2019	nd	0,04	0,11
	16/11/2019	0,13	0,04	0,07
	22/11/2019	nd	0,04	0,17
	28/11/2019	nd	0,07	0,22
	04/12/2019	0,13	nd	nd
	10/12/2019	0,13	1,26	1,67

Tabella 54 - Concentrazioni di benzo[a]pirene nei campioni di PM₁₀. Valori in ng/m³.

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

		Amendola	Maggiolina	Fossamastra
P14 19/1	<i>n</i>	6	4	6
	Media	0,11	0,12	0,09
	Min	0,04	0,04	0,04
	Max	0,28	0,15	0,15
	Mediana	0,08	0,14	0,08
P14 19/2	<i>n</i>	2	3	4
	Media	0,04	0,04	0,04
	Min	0,04	0,04	0,04
	Max	0,04	0,04	0,04
P14 19/3	Mediana	0,04	0,04	0,04
	<i>n</i>	4	5	5
	Media	0,07	0,04	0,04
	Min	0,04	0,04	0,04
P14 19/4	Max	0,09	0,06	0,04
	Mediana	0,07	0,04	0,04
	<i>n</i>	3	5	5
	Media	0,13	0,29	0,45
P14 19/4	Min	0,13	0,04	0,07
	Max	0,13	1,26	1,67
	Mediana	0,13	0,04	0,17

Tabella 55 – 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 tre postazioni per le campagne primaverili, estive e autunnali sono rimasti compresi tra 0,04 e 0,11 ng/m³; solo nella campagna invernale i valori sono rimasti compresi tra 0,13 e 0,45 ng/m³ con i valori più alti rilevati a Fossamastra. Complessivamente le concentrazioni di benzo[a]pirene sono risultate ben al di sotto del valore normativo di 1 ng/m³ riferito alla media annuale.

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 Carbonio Organico (OC).

Per considerazioni di dettaglio sulle sorgenti di emissione di levoglucosano e di carbonio (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. È 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 2015²³.

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 primaverile, estivo, autunnale e invernale delle postazioni di Follo, Chiappa e Le Grazie.

²³ V. Rapporti ARPAL nr. 11569 del 14/04/17 e nr. 2778 del 26/01/18

6.1.3.1 Inquadramento meteorologico dei giorni di campionamento

La tabella che segue sintetizza i principali parametri meteorologici dei giorni in cui si è effettuata la determinazione di OC, EC e levoglucosano:

Data	Meteo significativo del giorno	Temperatura massima (°C)	Temperatura minima (°C)	Temperatura media (°C)	Precipitazione mm	Intensità del vento (m/s)	Intensità del vento massima (m/s)
16/03/19	sereno - alta pressione e marcata inversione	16	9	13	0	2	6
25/03/19	Poco nuvoloso	16	8	12	0	2	8
03/04/19	ventilazione meridionale con nubi basse associate a precipitazioni	14	10	13	22	5	13
16/04/19	Poco nuvoloso	18	10	15	0	2	6
30/06/19	sereno	32	26	29	0	3	7
08/07/19	coperto, nubi costiere	29	23	26	0	3	6
12/07/19	-	29	22	26	0	2	6
24/07/19	sereno	35	26	30	0	2	5
16/10/19	nuvoloso, instabile	20	15	17	0	2	7
21/10/19	coperto	23	20	22	0	6	12
23/10/19	sereno	27	17	21	0	1	2
28/10/19	ventilazione meridionale e nubi basse	20	13	17	0	1	4
04/11/19	Da poco nuvoloso a coperto con deboli piogge	19	12	16	1	4	10
08/11/19	Forte instabilità con scrosci temporaleschi	15	8	12	34	2	9
15/11/19	Coperto con precipitazioni	15	9	11	24	4	19
28/11/19	coperto	17	12	15	0	4	8
06/12/19	Coperto con nubi alte	12	10	11	0	1	3
08/12/19	Nubi basse e piogge deboli	14	11	12	1	2	5

Tabella 56 - Sintesi dei principali parametri meteorologici dei giorni interessati dalle analisi di OC, EC e Levoglucosano.

Per limitare l'influenza eccessiva delle variabili meteorologiche, sono stati scelti campioni raccolti in giornate con assenza di precipitazioni significative e per lo più serene e con 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	Campagna	Data	PM10	Levoglucosano [µg/m ³]	% nel PM10
FOLLO	P14 19/1	16/03/19	25,0	0,11	0,46%
FOLLO	P14 19/1	25/03/19	23,8	0,06	0,23%
FOLLO	P14 19/1	03/04/19	15,9	0,05	0,31%
FOLLO	P14 19/1	16/04/19	11,5	0,11	0,98%
FOLLO	P14 19/2	30/06/19	21,8	0,04	0,20%
FOLLO	P14 19/2	08/07/19	30,7	0,27	0,89%
FOLLO	P14 19/2	12/07/19	15,7	0,04	0,28%
FOLLO	P14 19/2	24/07/19	20,3	0,05	0,24%
FOLLO	P14 19/3	16/10/19	12,9	0,27	2,13%
FOLLO	P14 19/3	21/10/19	24,2	0,09	0,37%
FOLLO	P14 19/3	23/10/19	21,7	0,35	1,60%
FOLLO	P14 19/3	28/10/19	23,8	0,27	1,12%
FOLLO	P14 19/3	04/11/19	18,2	0,39	2,15%
FOLLO	P14 19/3	08/11/19	15,1	0,64	4,26%
FOLLO	P14 19/4	15/11/19	11,1	0,72	6,50%
FOLLO	P14 19/4	28/11/19	24,0	0,74	3,10%
FOLLO	P14 19/4	06/12/19	16,1	0,81	5,03%
FOLLO	P14 19/4	08/12/19	21,3	0,77	3,63%
LE GRAZIE	P14 19/1	16/03/19	21,3	0,13	0,63%

Postazione	Campagna	Data	PM10	Levoglucoosano [µg/m ³]	% nel PM10
LE GRAZIE	P14 19/1	25/03/19	18,7	0,12	0,62%
LE GRAZIE	P14 19/1	03/04/19	18,2	0,06	0,31%
LE GRAZIE	P14 19/1	16/04/19	9,0	0,05	0,53%
LE GRAZIE	P14 19/2	30/06/19	24,7	0,21	0,83%
LE GRAZIE	P14 19/2	08/07/19	27,3	0,18	0,66%
LE GRAZIE	P14 19/2	12/07/19	14,7	0,03	0,18%
LE GRAZIE	P14 19/2	24/07/19	17,8	0,08	0,45%
LE GRAZIE	P14 19/3	16/10/19	20,9	0,38	1,80%
LE GRAZIE	P14 19/3	21/10/19	25,9	0,09	0,35%
LE GRAZIE	P14 19/3	23/10/19	24,0	0,47	1,97%
LE GRAZIE	P14 19/3	28/10/19	24,6	0,35	1,41%
LE GRAZIE	P14 19/3	04/11/19	22,1	0,45	2,06%
LE GRAZIE	P14 19/3	08/11/19	11,5	0,30	2,63%
LE GRAZIE	P14 19/4	15/11/19	12,1	0,36	2,97%
LE GRAZIE	P14 19/4	28/11/19	22,9	0,30	1,31%
LE GRAZIE	P14 19/4	06/12/19	19,5	0,64	3,29%
LE GRAZIE	P14 19/4	08/12/19	16,1	0,60	3,71%
LA CHIAPPA	P14 19/1	16/03/19	23,4	0,18	0,77%
LA CHIAPPA	P14 19/1	25/03/19	17,7	0,08	0,44%
LA CHIAPPA	P14 19/1	03/04/19	17,7	0,08	0,48%
LA CHIAPPA	P14 19/1	16/04/19	11,7	0,15	1,24%
LA CHIAPPA	P14 19/2	30/06/19	23,3	0,18	0,78%
LA CHIAPPA	P14 19/2	08/07/19	30,7	0,30	0,98%
LA CHIAPPA	P14 19/2	12/07/19	16,3	0,09	0,57%
LA CHIAPPA	P14 19/2	24/07/19	18,3	0,11	0,61%
LA CHIAPPA	P14 19/3	16/10/19	20,6	1,21	5,88%
LA CHIAPPA	P14 19/3	21/10/19	27,5	0,02	0,06%
LA CHIAPPA	P14 19/3	23/10/19	23,0	0,89	3,84%
LA CHIAPPA	P14 19/3	28/10/19	24,5	0,33	1,35%
LA CHIAPPA	P14 19/3	04/11/19	19,6	0,58	2,97%
LA CHIAPPA	P14 19/3	08/11/19	10,4	1,33	12,68%
LA CHIAPPA	P14 19/4	15/11/19	11,8	0,88	7,52%
LA CHIAPPA	P14 19/4	28/11/19	20,9	1,27	6,09%
LA CHIAPPA	P14 19/4	06/12/19	14,5	0,80	5,55%
LA CHIAPPA	P14 19/4	08/12/19	19,7	2,14	10,85%

Tabella 57 - Risultati delle determinazioni di Levoglucoosano in alcuni campioni di PM₁₀.

I risultati sono mostrati in forma grafica negli istogrammi seguenti.

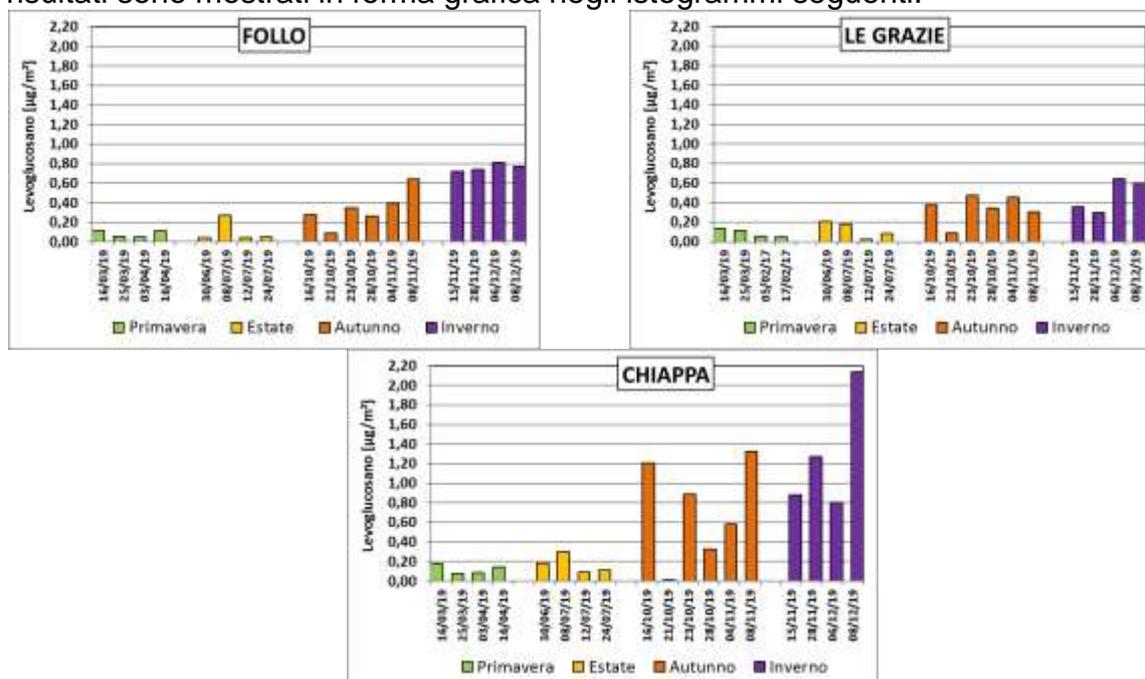


Figura 57 – Andamento delle concentrazioni di Levoglucoosano in alcuni campioni stagionali di Follo, Chiappa e Le Grazie.

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Dalla tabella e dalle figure precedenti risaltano immediatamente alcuni elementi:

- in linea generale, la concentrazione di levoglucosano è risultata inferiore in primavera e in estate rispetto all'autunno e all'inverno e ciò è coerente con l'utilizzo di sistemi di riscaldamento domestico basati sulla combustione di biomassa;
- a fronte di una quasi uniformità di concentrazione in primavera e estate, nel periodo autunnale si ha un aumento progressivo della concentrazione di levoglucosano con valori maggiori riscontrati in inverno.

Nel 2019, come atteso, il contributo del levoglucosano alla concentrazione di PM₁₀ è variato molto stagionalmente e la tabella che segue riassume tale contributo per ciascuna postazione.

	Levoglucosano % nel PM ₁₀			
	Primavera	Estate	Autunno	Inverno
FOLLO	0,23-0,98%	0,20-0,89%	0,37-2,15%	3,10-6,50%
LA CHIAPPA	0,44-0,77%	0,57-0,98%	0,06-12,68%	5,55-10,85%
LE GRAZIE	0,31-0,63%	0,18-0,83%	0,35-2,06%	1,31-3,71%

Tabella 58 – Contenuto % stagionale di Levoglucosano nel PM₁₀.

Appare evidente l'incremento di levoglucosano nel PM₁₀ in autunno e in inverno in tutte le postazioni e con maggiore evidenza a La Chiappa. Tale postazione a differenza dello scorso anno, risulta quella più influenzata della combustione di biomasse.

In termini di concentrazione in aria, la tabella seguente riassume le concentrazioni medie stagionali di levoglucosano in ciascuna postazione:

	P14 19/1 Primavera	P14 19/2 Estate	P14 19/3 Autunno	P14 19/4 Inverno
FOLLO	0,08	0,10	0,34	0,76
LA CHIAPPA	0,12	0,17	0,72	0,99
LE GRAZIE	0,09	0,12	0,34	0,47

Tabella 59 - Medie stagionali della concentrazione in aria di Levoglucosano. Valori in µg/m³.

La concentrazione media in aria di levoglucosano in tutte le postazioni risulta maggiore in inverno. La media annuale dell'intero comprensorio risulta essere nel 2019 di 0.36 µg/m³, valore 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 riportate le concentrazioni di Carbonio Organico (OC) e Carbonio Elementale (EC) determinate nei campioni di PM₁₀ del 2019, il valore di concentrazione di Carbonio Totale (TC) calcolato come somma dei valori di OC ed EC, la percentuale di OC ed EC nel PM₁₀ e il rapporto OC/EC:

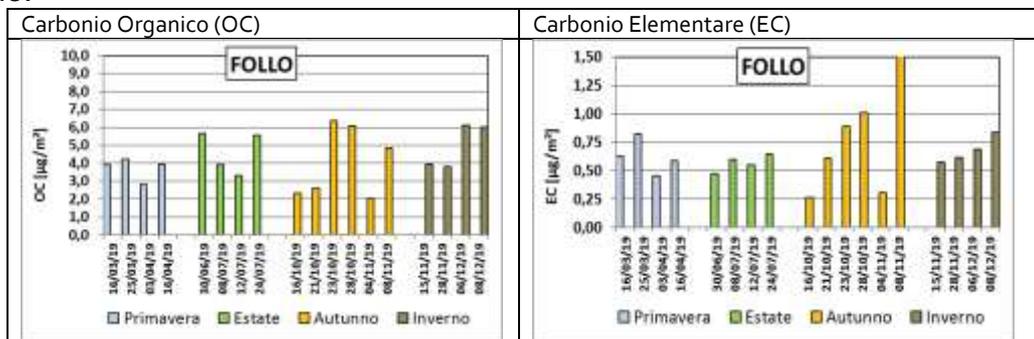
Postazione	Sigla	Data	PM10 [µg/m ³]	OC [µg/m ³]	EC [µg/m ³]	TC [µg/m ³]	% OC nel PM10	% EC nel PM10	OC/EC
FOLLO	P14 19/1	16/03/19	25	3,90	0,63	4,53	15,6%	2,5%	6,2
FOLLO	P14 19/1	25/03/19	24	4,21	0,83	5,04	17,7%	3,5%	5,1
FOLLO	P14 19/1	03/04/19	16	2,81	0,46	3,27	17,7%	2,9%	6,1
FOLLO	P14 19/1	16/04/19	12	3,94	0,59	4,52	34,1%	5,1%	6,7
FOLLO	P14 19/2	30/06/19	22	5,66	0,47	6,13	25,9%	2,2%	12,0
FOLLO	P14 19/2	08/07/19	31	3,91	0,60	4,51	12,8%	2,0%	6,5

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Postazione	Sigla	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	P14 19/2	12/07/19	16	3,32	0,55	3,87	21,2%	3,5%	6,0
FOLLO	P14 19/2	24/07/19	20	5,56	0,65	6,20	27,3%	3,2%	8,6
FOLLO	P14 19/3	16/10/19	13	2,34	0,26	2,60	18,1%	2,0%	8,9
FOLLO	P14 19/3	21/10/19	24	2,61	0,61	3,22	10,8%	2,5%	4,3
FOLLO	P14 19/3	23/10/19	22	6,35	0,89	7,24	29,2%	4,1%	7,1
FOLLO	P14 19/3	28/10/19	24	6,07	1,01	7,08	25,5%	4,2%	6,0
FOLLO	P14 19/3	04/11/19	18	2,03	0,31	2,34	11,2%	1,7%	6,6
FOLLO	P14 19/3	08/11/19	15	4,86	3,69	8,55	32,3%	24,5%	1,3
FOLLO	P14 19/4	15/11/19	11	3,94	0,57	4,51	35,6%	5,2%	6,9
FOLLO	P14 19/4	28/11/19	24	3,80	0,62	4,42	15,9%	2,6%	6,1
FOLLO	P14 19/4	06/12/19	16	6,13	0,69	6,82	38,0%	4,3%	8,9
FOLLO	P14 19/4	08/12/19	21	6,03	0,84	6,86	28,3%	3,9%	7,2
LE GRAZIE	P14 19/1	16/03/19	21	3,65	0,32	3,97	17,2%	1,5%	11,5
LE GRAZIE	P14 19/1	25/03/19	19	4,55	0,77	5,31	24,3%	4,1%	5,9
LE GRAZIE	P14 19/1	03/04/19	18	2,55	0,57	3,12	14,0%	3,1%	4,5
LE GRAZIE	P14 19/1	16/04/19	9	3,43	0,61	4,03	37,9%	6,7%	5,7
LE GRAZIE	P14 19/2	30/06/19	25	7,25	0,54	7,80	29,3%	2,2%	13,4
LE GRAZIE	P14 19/2	08/07/19	27	3,89	0,30	4,20	14,2%	1,1%	12,8
LE GRAZIE	P14 19/2	12/07/19	15	2,95	0,54	3,49	20,1%	3,7%	5,5
LE GRAZIE	P14 19/2	24/07/19	18	4,71	0,99	5,70	26,4%	5,5%	4,8
LE GRAZIE	P14 19/3	16/10/19	21	3,17	0,65	3,82	15,2%	3,1%	4,9
LE GRAZIE	P14 19/3	21/10/19	26	3,36	0,31	3,67	13,0%	1,2%	10,8
LE GRAZIE	P14 19/3	23/10/19	24	7,30	1,27	8,57	30,4%	5,3%	5,8
LE GRAZIE	P14 19/3	28/10/19	25	7,77	0,73	8,49	31,6%	3,0%	10,7
LE GRAZIE	P14 19/3	04/11/19	22	2,44	0,60	3,04	11,0%	2,7%	4,1
LE GRAZIE	P14 19/3	08/11/19	12	2,40	0,18	2,58	20,8%	1,6%	13,2
LE GRAZIE	P14 19/4	15/11/19	12	2,34	0,46	2,79	19,3%	3,8%	5,1
LE GRAZIE	P14 19/4	28/11/19	23	2,34	0,32	2,66	10,2%	1,4%	7,3
LE GRAZIE	P14 19/4	06/12/19	19	7,52	1,22	8,74	38,6%	6,3%	6,1
LE GRAZIE	P14 19/4	08/12/19	16	4,85	1,05	5,90	30,1%	6,5%	4,6
LA CHIAPPA	P14 19/1	16/03/19	23	3,33	0,79	4,13	14,2%	3,4%	4,2
LA CHIAPPA	P14 19/1	25/03/19	18	3,72	0,63	4,35	21,0%	3,6%	5,9
LA CHIAPPA	P14 19/1	03/04/19	18	2,81	0,62	3,43	15,9%	3,5%	4,5
LA CHIAPPA	P14 19/1	16/04/19	12	3,53	0,54	4,07	30,2%	4,6%	6,5
LA CHIAPPA	P14 19/2	30/06/19	23	5,99	0,66	6,65	25,7%	2,8%	9,1
LA CHIAPPA	P14 19/2	08/07/19	31	3,68	0,62	4,30	12,0%	2,0%	5,9
LA CHIAPPA	P14 19/2	12/07/19	16	3,28	0,43	3,72	20,2%	2,6%	7,6
LA CHIAPPA	P14 19/2	24/07/19	18	5,18	0,77	5,95	28,2%	4,2%	6,7
LA CHIAPPA	P14 19/3	16/10/19	21	5,25	0,96	6,21	25,5%	4,6%	5,5
LA CHIAPPA	P14 19/3	21/10/19	27	3,57	0,83	4,41	13,0%	3,0%	4,3
LA CHIAPPA	P14 19/3	23/10/19	23	6,96	0,96	7,92	30,2%	4,2%	7,3
LA CHIAPPA	P14 19/3	28/10/19	24	7,94	0,91	8,85	32,4%	3,7%	8,7
LA CHIAPPA	P14 19/3	04/11/19	20	2,42	0,42	2,83	12,3%	2,1%	5,8
LA CHIAPPA	P14 19/3	08/11/19	10	4,40	0,82	5,21	42,1%	7,8%	5,4
LA CHIAPPA	P14 19/4	15/11/19	12	4,00	0,61	4,61	34,0%	5,2%	6,5
LA CHIAPPA	P14 19/4	28/11/19	21	5,00	0,61	5,60	24,0%	2,9%	8,2
LA CHIAPPA	P14 19/4	06/12/19	14	6,90	0,75	7,65	47,7%	5,2%	9,3
LA CHIAPPA	P14 19/4	08/12/19	20	10,11	1,02	11,13	51,3%	5,2%	10,0

Tabella 60 - Risultati delle determinazioni di OC e EC in alcuni campioni di PM₁₀.

I dati della tabella precedente sono mostrati in forma di istogrammi nelle figure che seguono.



Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

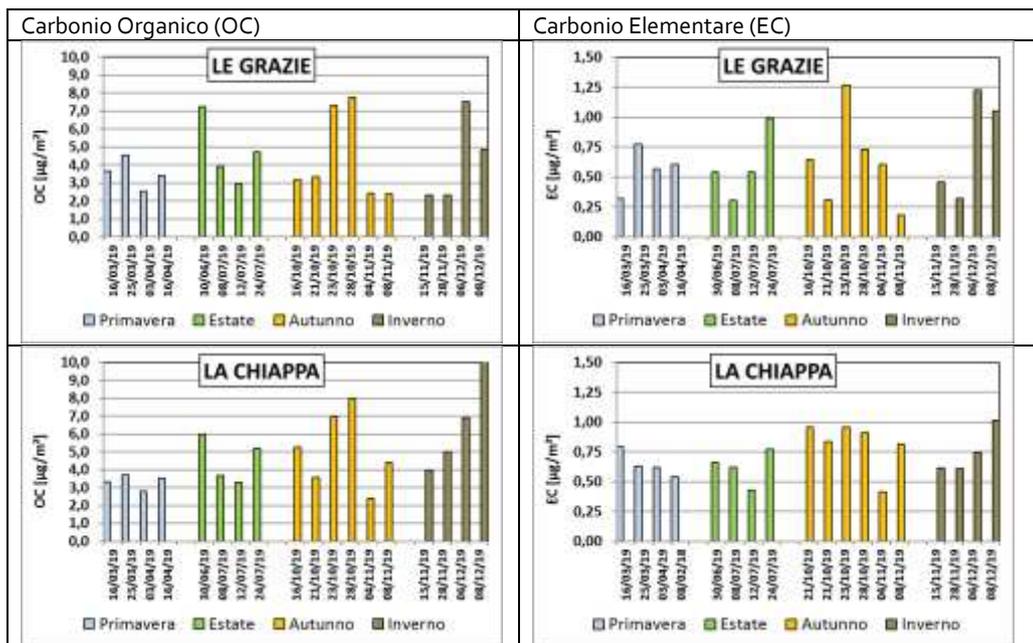


Figura 58 – Andamento temporale della concentrazione di OC ed EC nei campioni delle campagne del 2019.

In linea generale, le concentrazioni di OC ed EC sono maggiori in inverno ed in autunno come risulta anche dalla tabella che segue in cui sono riportate le concentrazioni medie stagionali per il 2019:

		P14 19/1 Primavera	P14 19/2 Estate	P14 19/3 Autunno	P14 19/4 Inverno
FOLLO	OC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	3,7	4,6	4,0	5,0
	EC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,6	0,6	1,1	0,7
LA CHIAPPA	OC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	3,3	4,5	5,1	6,5
	EC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,6	0,6	0,8	0,7
LE GRAZIE	OC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	3,5	4,7	4,4	4,3
	EC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,6	0,6	0,6	0,8

Tabella 61 – Concentrazioni medie stagionali di OC ed EC nelle campagne del 2019.

Anche nel 2019 le differenze tra le concentrazioni di OC ed EC tra le postazioni sono contenute. Per quanto riguarda le concentrazioni di OC, le medie invernali sono comprese tra 4.3 e 6.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, quelle primaverili tra 3.3 e 3.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, quelle estive tra 4.5 e 4.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e quelle autunnali tra 4.0 e 5.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le variazioni stagionali di OC nel 2019 appaiono quindi molto contenute.

Per quanto riguarda le concentrazioni di EC, le medie primaverili ed estive sono pari a 0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, quelle invernali sono comprese tra 0.7 e 0.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e quelle autunnali tra 0.6 e 1.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A parte pochissimi dati leggermente anomali, per il resto le differenze stagionali di EC tra le postazioni sono poco accentuate con un lieve incremento nella stagione invernale.

Le tabelle seguenti riassumono alcuni indici statistici delle misure di OC ed EC nelle tre postazioni.

Follo						
	OC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	EC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	TC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	% OC nel PM_{10}	% EC nel PM_{10}	OC/EC
Media	4,3	0,8	5,1	23%	4%	6,7
Dev. Std	1,4	0,7	1,8	9%	5%	2,2
Min.	2,0	0,3	2,3	11%	2%	1,3
Max.	6,4	3,7	8,6	38%	25%	12,0

Tabella 62 – Statistica descrittiva delle misure di OC ed EC del 2019 per la postazione di Follo.

La Chiappa						
	OC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	EC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	TC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	% OC nel PM_{10}	% EC nel PM_{10}	OC/EC
Media	4,9	0,7	5,6	27%	4%	6,7
Dev. Std	2,0	0,2	2,1	12%	1%	1,8
Min.	2,4	0,4	2,8	12%	2%	4,2
Max.	10,1	1,0	11,1	51%	8%	10,0

Tabella 63 - Statistica descrittiva delle misure di OC ed EC del 2019 per la postazione di La Chiappa.

Le Grazie						
	OC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	EC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	TC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	% OC nel PM_{10}	% EC nel PM_{10}	OC/EC
Media	4,2	0,6	4,9	22%	3%	7,6
Dev. Std	1,9	0,3	2,2	9%	2%	3,4
Min.	2,3	0,2	2,6	10%	1%	4,1
Max.	7,8	1,3	8,7	39%	7%	13,4

Tabella 64 - Statistica descrittiva delle misure di OC ed EC del 2019 per la postazione di Le Grazie.

Il contenuto di OC nel PM_{10} nel 2019 è risultato piuttosto variabile e compreso nell'intervallo 10 - 51%, comportamento analogo si è osservato per il contenuto di EC, compreso nell'intervallo 1 - 25%, in ogni caso entrambi in linea con i valori dei precedenti monitoraggi.

In estrema sintesi, i valori medi annui di concentrazione di OC ed EC nel comprensorio della Spezia risultano essere:

- OC: $4.5 \pm 1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- EC: $0.7 \pm 0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tali valori sono comparabili con quanto tipicamente rilevato in Europa. Infatti, in una indagine che ha preso in considerazione 14 siti della rete EMEP, di cui 12 di fondo rurale e 2 di fondo urbano, sono stati individuati i seguenti intervalli di concentrazioni medie in aria di OC ed EC:

- 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).

Le tabelle seguenti sintetizzano il peso relativo di OC e EC sulla concentrazione totale di PM_{10} in aria, stagionalmente e annualmente:

OC					
Postazione	Primavera	Estate	Autunno	Inverno	Annuale
Follo	9%	14%	19%	23%	16%
La Chiappa	8%	11%	21%	26%	16%

Le Grazie	11%	13%	25%	27%	19%
-----------	-----	-----	-----	-----	-----

Tabella 65 – Contenuto % medio di OC nei campioni di PM₁₀.

EC					
Postazione	Primavera	Primavera	Estate	Inverno	Annuale
Follo	2%	2%	2%	3%	2%
La Chiappa	2%	2%	2%	5%	3%
Le Grazie	2%	2%	2%	4%	3%

Tabella 66 – Contenuto % medio di EC nei campioni di PM₁₀.

Nei campioni del 2019, il Carbonio Organico (OC) costituisce il 23 - 27% del PM₁₀ in inverno, il 8 - 11% in primavera, il 11 - 14% in estate e il 19 - 25% in autunno. Le differenze tra le postazioni risultano minime, ma la variabilità stagionale è significativa, con un contributo più elevato nelle stagioni più fredde rispetto a quelle più calde. Il Carbonio Elementale (EC), invece, è ancora meno variabile ed è rimasto compreso tra il 2 e il 5% in tutte le postazioni e in tutte le stagioni. Annualmente OC costituisce il 16 - 19% della massa del PM₁₀ ed EC il 2 - 3%.

La somma di OC ed EC ha rappresentato in media circa un quarto della massa del PM₁₀ nel 2019 nelle postazioni aggiuntive della prescrizione 14, in linea con quanto riscontrabile anche in altri siti [Bove et al., 2014, Cesari et al., 2016].

7. Sintesi dei risultati dei monitoraggi 2014-2019

In questo capitolo sono valutati i risultati delle campagne della prescrizione 14 effettuate dal 2014 fino al 2019. In particolare, sono analizzati gli andamenti riscontrati e la media dei risultati acquisiti nel corso dei cinque 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 (eventi meteo estremi, 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	Funzionamento della C.le ENEL	
			Giorni	Percentuale
P14 14/0	23/05 – 16/06/14	Campagna di "bianco"	0	0%
P14 14/1	07/07 – 06/08/14	Campagna di monitoraggio estiva	26	87%
P14 14/2	06/08 – 09/09/14	Campagna di monitoraggio estiva	27	79%
P14 15/1	19/01 - 19/02/15	Campagna di monitoraggio invernale	14	45%
P14 15/2	19/02 - 24/03/15	Campagna di monitoraggio invernale	27	82%
P14 15/3	17/06 - 17/07/15	Campagna di monitoraggio estiva	23	77%
P14 15/4	17/07 - 26/08/15	Campagna di monitoraggio estiva	29	73%
P14 16/1	26/02 – 30/03/16	Campagna di monitoraggio invernale	32	97%
P14 16/2	30/03 - 27/04/16	Campagna di monitoraggio invernale	22	79%
P14 16/3	28/06 - 28/07/16	Campagna di monitoraggio estiva	30	100%
P14 16/4	28/07 - 01/09/16	Campagna di monitoraggio estiva	12	34%
P14 17/1	19/01 – 22/02/17	Campagna di monitoraggio invernale	25	74%
P14 17/2	27/04 - 25/05/17	Campagna di monitoraggio primaverile di "bianco"	0	0%
P14 17/3	29/06 - 02/08/17	Campagna di monitoraggio estiva	11	32%
P14 17/4	10/10 - 09/11/17	Campagna di monitoraggio autunnale	30	100%
P 14 18/1	18/01 - 22/02/18	Campagna di monitoraggio invernale	16	47%
P 14 18/2	30/03 - 27/04/18	Campagna di monitoraggio primaverile di "bianco"	0	0%
P 14 18/3	28/06 - 02/08/18	Campagna di monitoraggio estiva	14	42%
P 14 18/4	11/10 - 06/11/18	Campagna di monitoraggio autunnale	8	30%
P14 19/1	14/03 - 18/04/19	Campagna di monitoraggio primaverile di "bianco"	0	0%
P14 19/2	20/06 - 24/07/19	Campagna di monitoraggio estiva	11	32%
P14 19/3	08/10 - 04/11/19	Campagna di monitoraggio autunnale di "bianco"	0	0%
P14 19/4	07/11 - 12/12/19	Campagna di monitoraggio invernale	19	54%

Tabella 1 - 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;

- la prevista campagna primaverile **P14 17/2** a causa del fermo anticipato dell'impianto della CTE è diventata di fatto una campagna di bianco;
- anche la campagna primaverile **P14 18/2** è stata una campagna di bianco, in quanto la Centrale non ha funzionato, ma è stata influenzata da deposizioni di sabbie sahariane;
- la campagna primaverile **P14 19/1** e autunnale **P14 19/3** sono state due campagne di bianco, in quanto la Centrale non ha funzionato;
- la campagna **P14 18/4** è stata influenzata da un evento meteorologico estremo (vedi più avanti) e in virtù di ciò non è stata inclusa nelle valutazioni statistiche che rimangono quindi limitate alle stagioni estiva e invernale;
- nel complesso sono state condotte 9 campagne estive, 2 autunnali e 7 invernali di monitoraggio con la Centrale in parziale funzionamento;
- 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 alle deposizioni atmosferiche;
- Per la valutazione degli andamenti pluriennali, la campagna **P14 17/2** è utilizzata come bianco in quanto la centrale non ha mai funzionato, ad esclusione delle deposizioni di PCDD/F (si veda rapporto Arpal prot. nr. 38264 del 28/12/18).

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**;
 - durante la **P14 17/1**, a causa di precipitazioni intense è stato effettuato, visti i valori cumulati in alcune zone (Follo, Chiappa che hanno oltrepassato i 200 mm), il cambio dei deposimetri dopo solo circa due settimane di esposizione al fine di evitare la tracimazione della precipitazione già raccolta.
 - la campagna **P14 18/4** è stata caratterizzata da un fenomeno molto marcato di avvezione sahariana con intensa deposizione di sabbia accompagnato da forti mareggiate da ostro e da libeccio (per ulteriori dettagli si faccia riferimento a quanto riportato nel Capitolo 3).
 - durante la campagna invernale **P14 19/4**, l'accesso al sito di Maggiolina non era consentito a causa di lavori nell'area circostante, pertanto le deposizioni non sono risultate disponibili presso questa postazione. Inoltre, sempre durante tale

campagna, l'eccezionale quantità di precipitazioni ha costretto ad un cambio anticipato dei deposimetri, avvenuto in data 21/11/2019, e le deposizioni sono state analizzate separatamente e i ratei sommati.

- 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;
 - Nel corso della campagna **P14 17/1**, si sono registrati abbruciamenti presso le postazioni extraurbane (Follo, Bolano e a Le Grazie) e nella zona di Parco della Maggiolina;
 - Nel corso della campagna estiva **P14 17/3** si sono verificati diversi incendi nella provincia della Spezia e in zone limitrofe:
 - il 09/07/2017 tre incendi nel Parco di Montemarcello e altri due roghi nella zona di Santo Stefano;
 - il 17/07/2017 un rogo nei boschi di Zignago e nel comune di Beverino;
 - il 28/07/2017 un incendio presso azienda Costa Mauro in Albiano Magra;
 - il giorno 30/07/2017 un incendio di diversi ettari di bosco in un'area compresa tra Beverino e Rocchetta Vara che è proseguito per diversi giorni.
 - Durante la campagna estiva **P14 18/3**, il 14/07/2018 si è verificato un incendio, partito da una discarica abusiva, che ha devastato una vasta area di bosco fra Podenzana e Bolano;
 - Nel corso della campagna autunnale **P14 18/4**, il 27/10/2018 si è verificato un incendio in una zona collinare, boschiva, sopra la Centrale ENEL e all'alba un principio di incendio nel vano scala dell'ultimo piano di una palazzina in un quartiere non lontano dalla postazione di Piazza Saint Bon.

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 rapporto Arpal prot. nr. 38264 del 28/12/18). Dopo tale sperimentazione, il deposimetro di riferimento per la postazione è quello posizionato a circa 2 m da terra, in prossimità della sede stradale. Nel 2017 si sono condotti due ulteriori campionamenti con un secondo deposimetro in posizione elevata per confermare gli andamenti riscontrati nel 2016. Nel report sopracitato è riportato il confronto sia per il contenuto della polvere che dei metalli che conferma il fattore utilizzato per il ricalcolo delle deposizioni del 2014÷2015.

Nei paragrafi che seguono, i dati pluriennali di monitoraggio delle deposizioni e del PM10 sono riassunti e sintetizzati per valutare gli andamenti riscontrabili. Per tale scopo, all'inizio di ciascun paragrafo sono indicate le assunzioni fatte.

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 rivelabilità, 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 2019 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 materiali vegetali, non riferibili quindi alle deposizioni atmosferiche;
- le campagne **P14 17/2**, **P14 18/2**, **P14 19/1** e **P14 19/3** sono state utilizzate come bianco in quanto la Centrale non ha mai funzionato;
- la campagna **P14 17/4**, l'unica campagna svoltasi in autunno senza eventi anomali o di bianco, non è stata utilizzata per la valutazione degli andamenti stagionali, che sono quindi limitati ad estate e inverno;
- ai fini delle valutazioni degli andamenti temporali delle deposizioni, le campagne sono state raggruppate nella seguente maniera:
 - campagne di bianco: **P14 14/0**; **17/2**; **18/2**; **19/1** e **19/3**;
 - campagne estive: **P14 14/1**; **14/2**; **15/3**; **15/4**; **16/3**; **16/4**; **17/3**; **18/3**; **19/2**;
 - campagne invernali: **P14 15/1**; **15/2**; **16/1**; **16/2**; **17/1**; **18/1**; **19/4**;

- ai fini delle valutazioni degli andamenti spaziali delle deposizioni, le postazioni sono state raggruppate nella seguente maniera:
 - postazioni extra urbane; Bolano, Follo, Arcola, Le Grazie
 - postazione di fondo urbano: Chiappa;
 - postazione urbane: Maggiolina, Saint Bon, Fossamastra, Melara.

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, quella di fondo urbano (Chiappa) e le urbane. Il fondo scala è stato fissato a 350 mg/m²/d, il valore che la normativa tedesca considera come riferimento per le deposizioni massime di polveri (vedi cap. 5). Sono anche riportate le precipitazioni con asse secondario invertito.

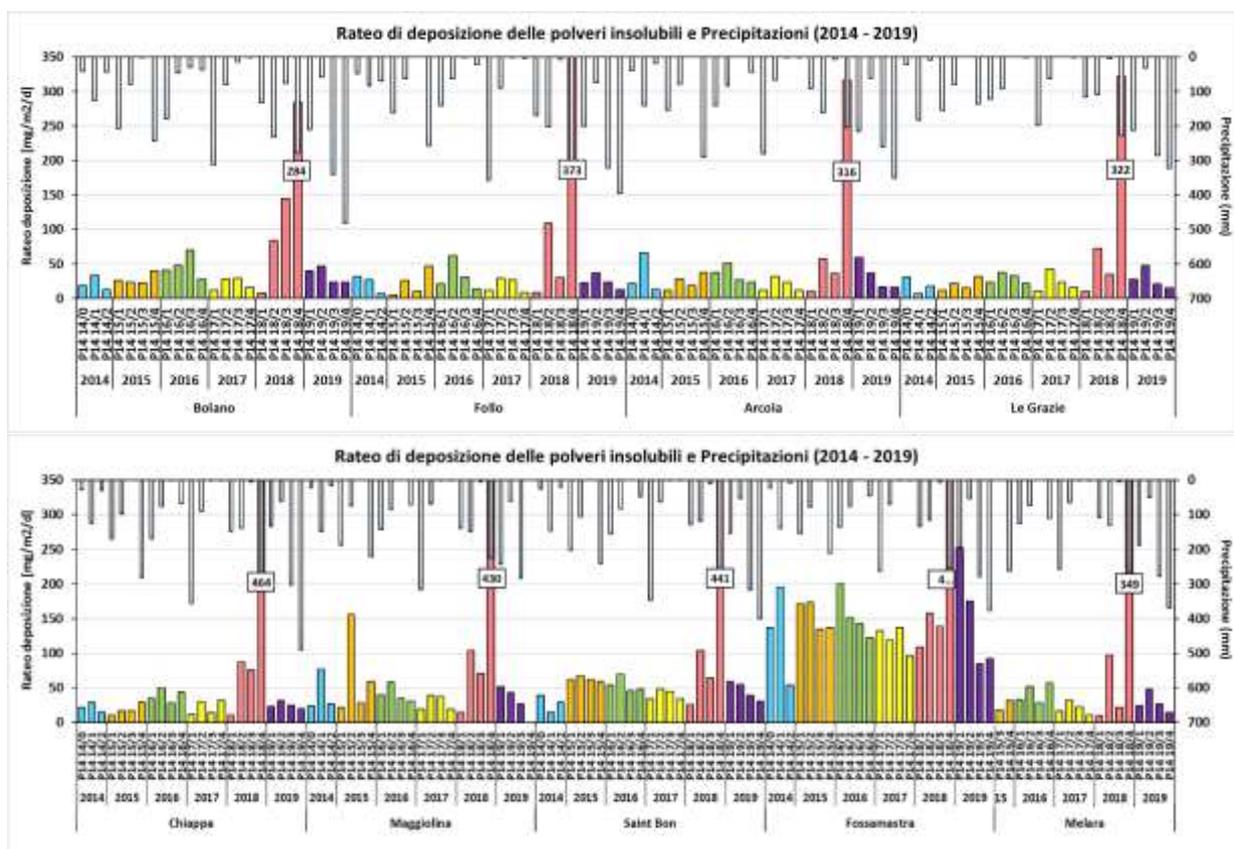


Figura 1 - Confronto dei ratei di deposizione di polveri delle campagne 2014-2019.

Dalla figura precedente, si evidenzia che:

- La campagna autunnale **P14 18/4** si configura come un'eccezione, in quanto durante il periodo si è verificato un evento meteo estremo, rendendo i valori di deposizione inutilizzabili ai fini statistici;
- Con l'eccezione del punto precedente, le deposizioni si collocano complessivamente, a meno di **Fossamastra**, ben al di sotto dei valori di riferimento adottati da alcune nazioni 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**²⁴ 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 A6.1. I raggruppamenti delle campagne stagionali per il calcolo delle medie sono riportati ad inizio paragrafo.

Postazione	Tipologia	Campagne di bianco	Campagne estive	Campagne invernali
		Media \pm Dev. St. (mg/m ² /d)	Media \pm Dev. St. (mg/m ² /d)	Media \pm Dev. St. (mg/m ² /d)
Bolano	extra-urbana	39 \pm 26	48 \pm 40	26 \pm 14
Follo	extra-urbana	44 \pm 37	26 \pm 13	21 \pm 19
Arcola	extra-urbana	38 \pm 20	32 \pm 15	24 \pm 16
Le Grazie	extra-urbana	39 \pm 20	26 \pm 12	19 \pm 10
Chiappa	fondo-urbana	37 \pm 28	32 \pm 19	22 \pm 15
Maggiolina (#)	urbana	49 \pm 33	45 \pm 19	25 \pm 21
Saint Bon	urbana	58 \pm 27	47 \pm 16	49 \pm 18
Fossamastra (*)	urbana	150 \pm 63	137 \pm 39	147 \pm 38
Melara	urbana	45 \pm 35	33 \pm 15	25 \pm 17

Tabella 2 – Ratei medi stagionali nelle postazioni di monitoraggio e delle campagne 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.

I ratei stagionali estivi sono di poco superiori a quelli invernali per la maggior parte delle postazioni ad eccezione di Saint Bon dove risultano praticamente uguali, e di Fossamastra, di poco superiori in inverno rispetto all'estate.

Come sopra introdotto, le postazioni sono state raggruppate per tipologia di ubicazione (extraurbane, urbane, ecc.) e nella tabella che segue sono riportati i ratei medi di deposizione stagionale delle polveri (± 1 deviazione standard) e delle campagne di

²⁴ 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).

bianco. 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.

	Campagne di bianco	Campagne estive	Campagne invernali
	Media \pm Dev. St. ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$)	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	40 \pm 25	33 \pm 24	23 \pm 15
P. Fondo Urbano	37 \pm 28	32 \pm 19	22 \pm 15
P. Urbane (#)	51 \pm 29	42 \pm 17	35 \pm 21
Fossamastra (*)	150 \pm 63	137 \pm 39	147 \pm 38

Tabella 3 - Confronto tra i valori della media stagionale (± 1 deviazione standard) per le polveri depositate nelle campagne della prescrizione P14. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$. (#) – Non è incluso il rateo della campagna P14 15/2 di Maggiolina (v. sopra). (*) - I ratei di Fossamastra del 2014-15 sono stati ricalcolati come se fossero tutti rilevati a livello di 2 m.

La tabella evidenzia nelle campagne di bianco valori medi leggermente più elevati rispetto a quelle con centrale in funzione, ma ciò è dovuto agli eventi naturali non correlati al funzionamento della Centrale, come ad esempio la forte sahariana verificatasi durante la campagna **P14 18/2** (si veda Rapporto Arpal prot. nr. 37447 del 31/12/2019).

I dati della tabella precedente sono mostrati sotto forma di istogrammi nella figura che segue:

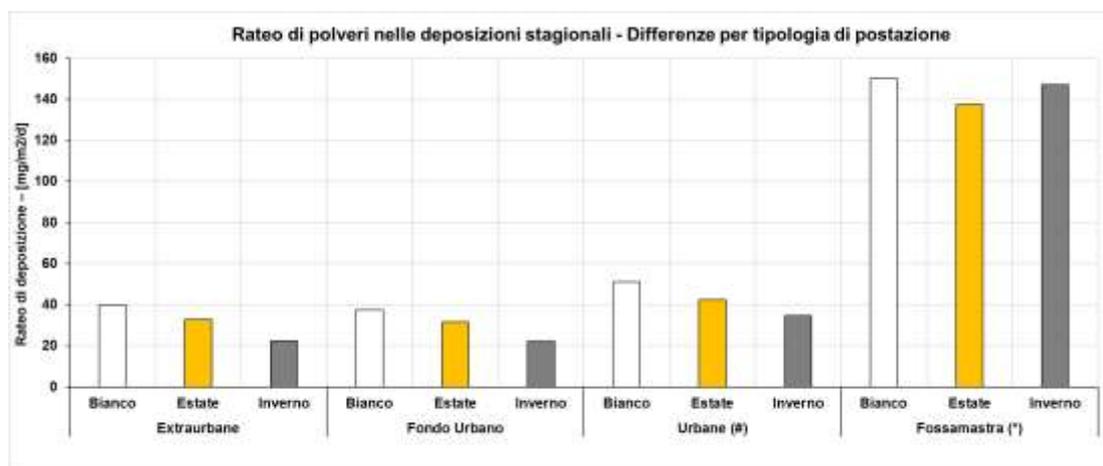


Figura 2 – Confronto tra i ratei stagionali di deposizione di polveri. (#) – Non è incluso il rateo della campagna P14 15/2 di Maggiolina (v. sopra). (*) - I ratei di Fossamastra del 2014-15 sono stati ricalcolati come se fossero tutti rilevati a livello di 2 m.

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 lievemente superiori in inverno rispetto all'estate e rappresentano un fondo tipico del tessuto extraurbano. Inoltre, i ratei medi estivi sono comparabili a quelli medi delle campagne di bianco;

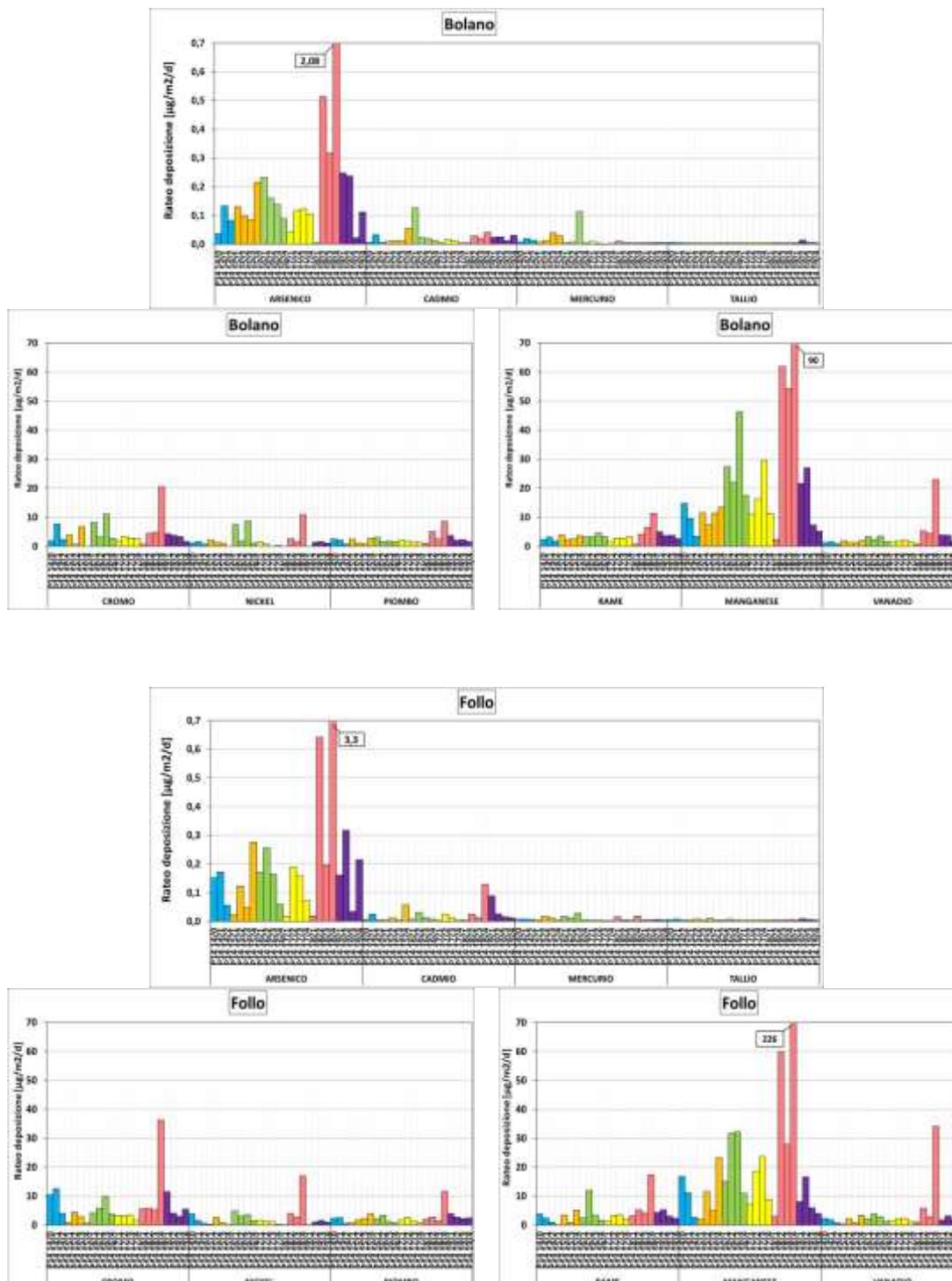
- la postazione di **fondo urbano** (Chiappa) ha deposizioni del tutto paragonabili agli andamenti delle postazioni extra-urbane;
- nelle postazioni **urbane** le differenze dei ratei medi di deposizione stagionali sono molto limitate, ma si hanno maggiori deposizioni medie rispetto a quelle **extraurbane** in entrambe le stagioni. Tali differenze di deposizioni medie potrebbero comunque essere rappresentative del contributo del complesso delle pressioni antropiche invernali (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 un solo evento noto locale;
- la postazione di **Fossamastra** è stata trattata a parte per la sua peculiarità e si sono evidenziati ratei stagionali praticamente equivalenti tra le campagne svolte nel periodo invernale e le campagne di bianco, a differenza dello scorso anno. Nel periodo invernale il rateo medio è leggermente maggiore di quello estivo. Si conferma quindi che 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 e 4-6 volte maggiori di quelli delle postazioni extraurbane. Ai valori dei ratei di deposizione delle polveri così elevati non corrispondono però altrettanto elevati valori di PM_{2.5} e PM₁₀ (rilevati dalla RQA per la postazione di Fossamastra) che sono comparabili, invece, 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 effettuate non hanno evidenziato presenza significativa di carbone.

7.2 Metalli nelle deposizioni di polveri

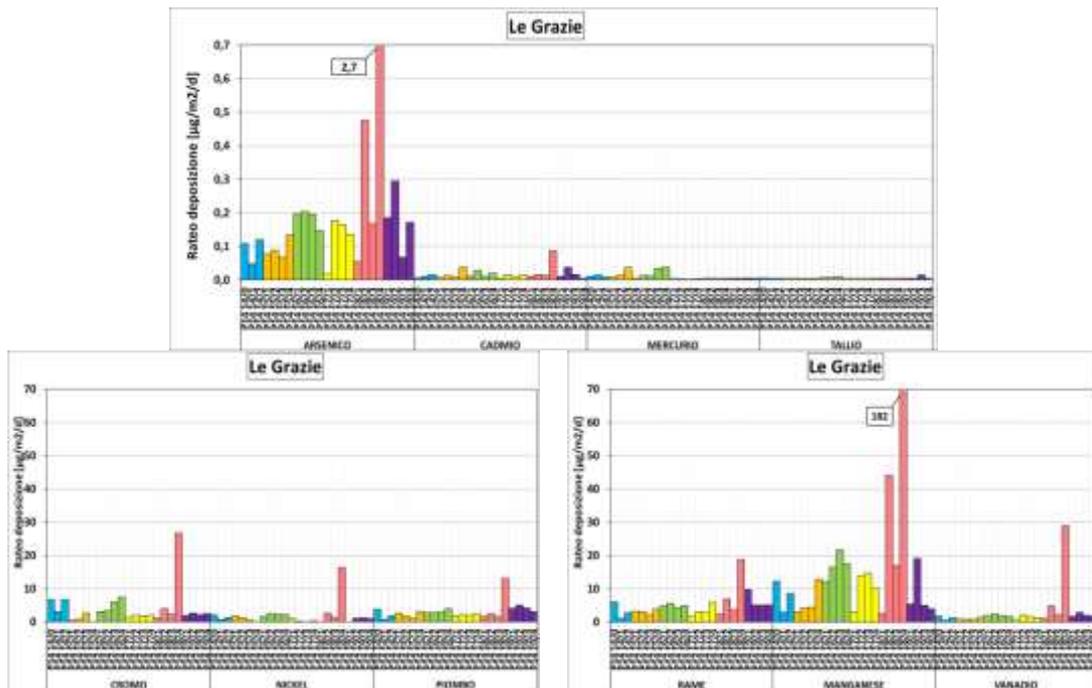
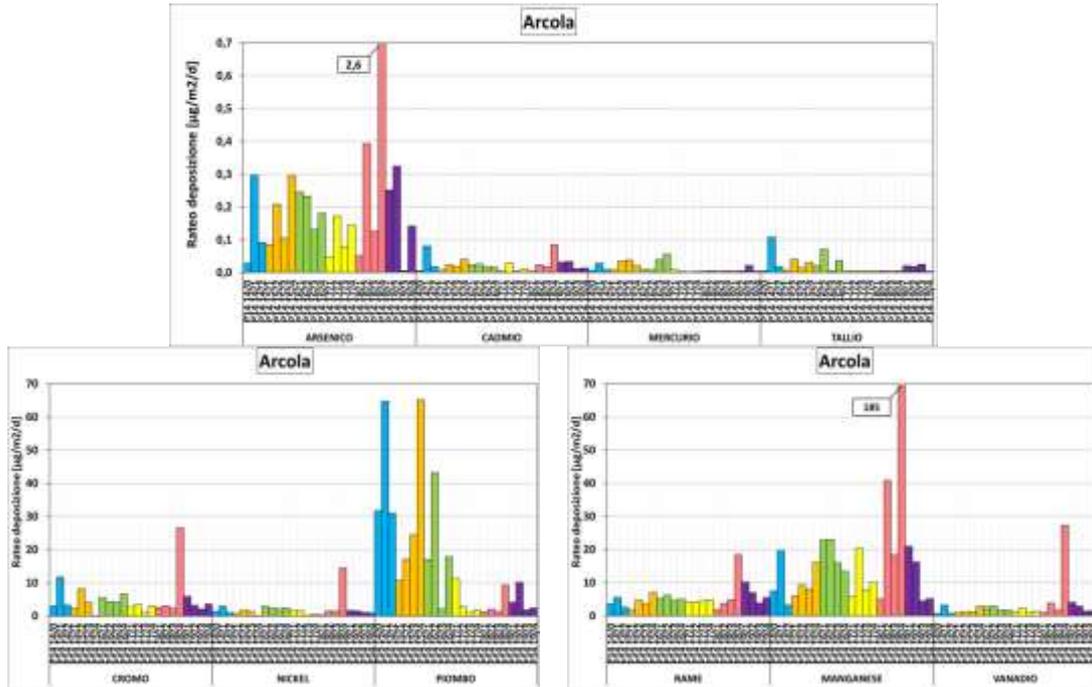
7.2.1 Ratei di deposizioni stagionali dei metalli

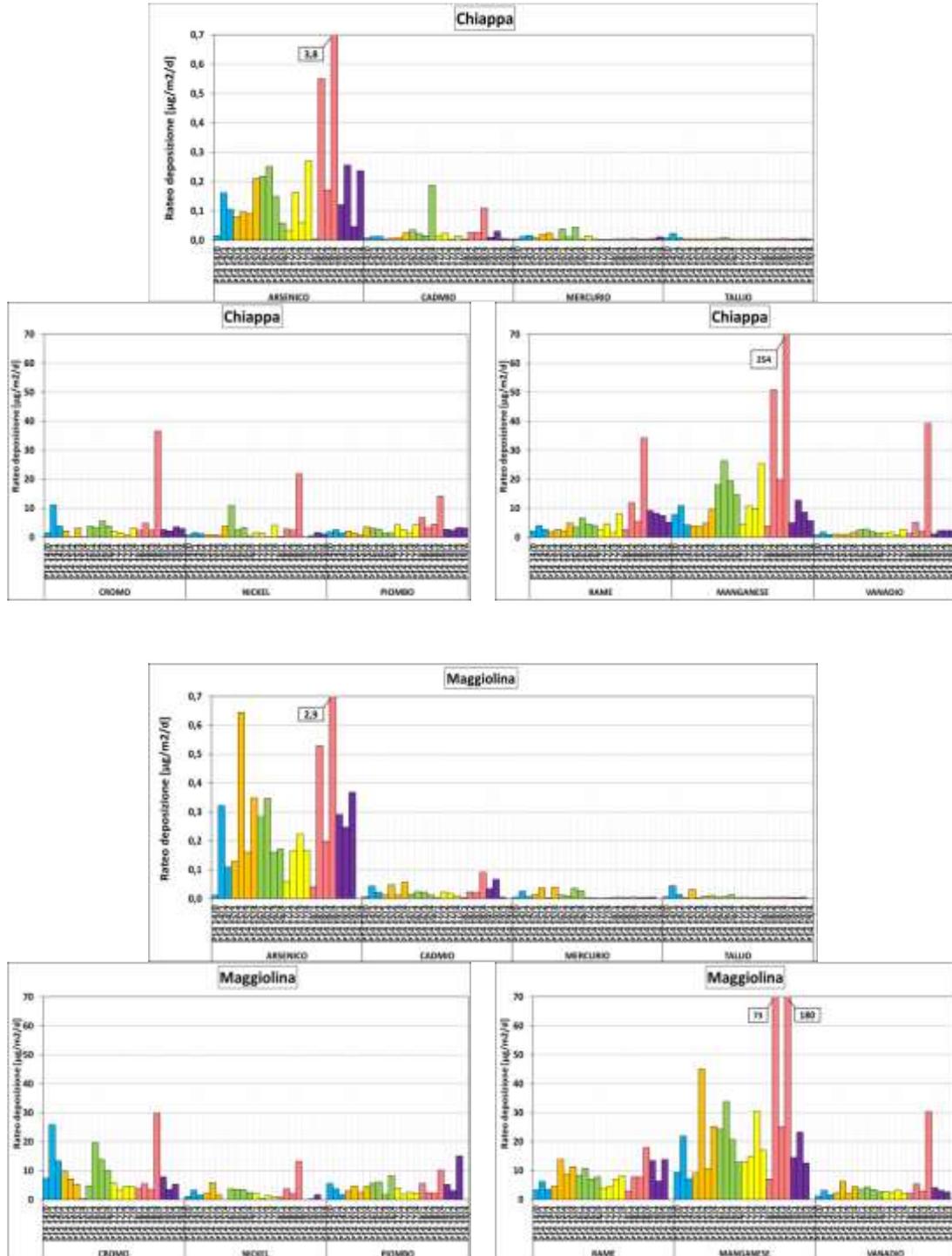
Le figure seguenti confrontano i ratei di deposizioni dei metalli dal 2014 al 2019, nel corso delle campagne elencate nella Tabella 1. Le figure di sinistra includono i metalli presenti in tracce, con fondo scala 0,7 µg/m²/d e quelle di destra i metalli maggioritari, con fondo scala 70 µg/m²/d. Per Fossamastra è stata usata un fondo scala differente, rispettivamente di 1,2 µg/m²/d per i metalli minoritari e di 120 µg/m²/d per quelli

maggioritari. 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 A6.2.

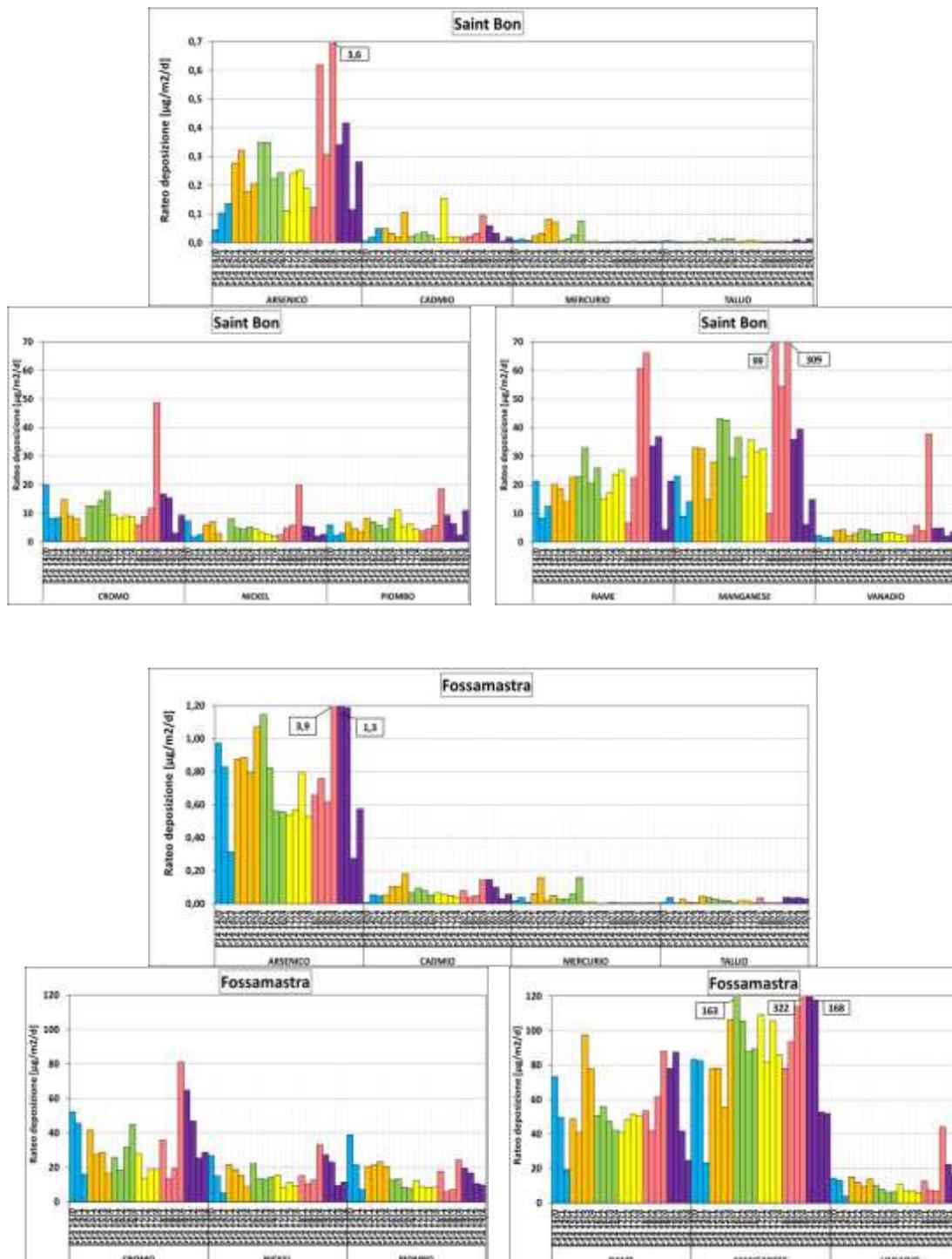


Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107





Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

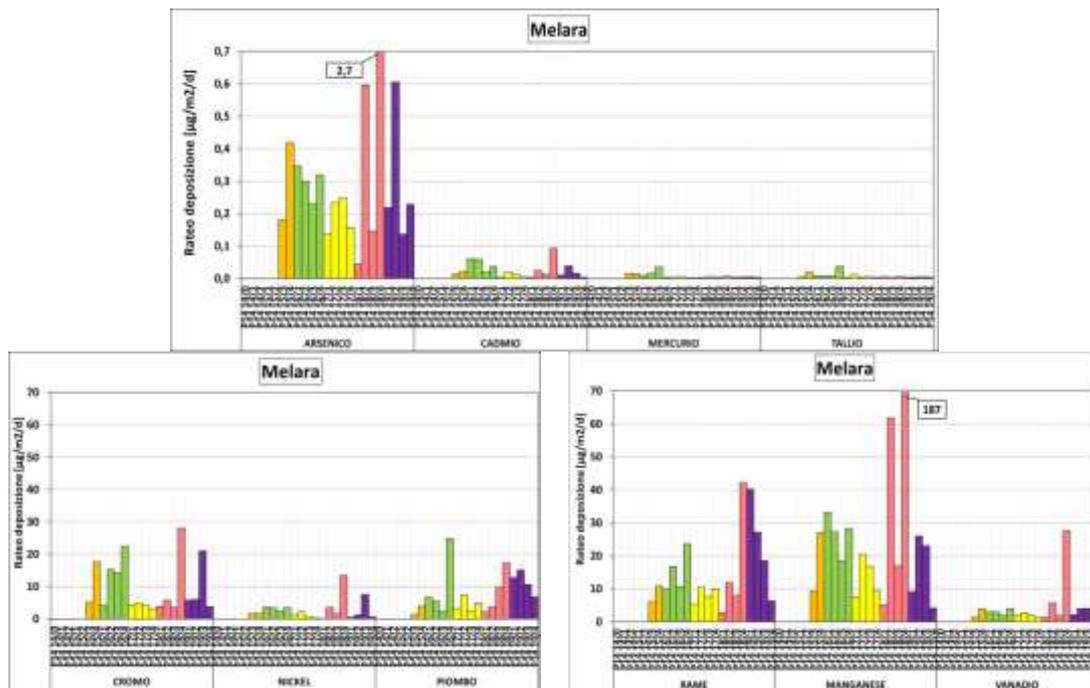


Figura 3 – Confronto delle deposizioni di metalli nelle campagne 2014-2019.

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 ± Dev. St. (µg/m ² /d)	Campagna	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano (extraurbana)	Bianco	0,21±0,19	0,02±0,01	3,5±1,0	1,2±1,0	3,1±1,4	3,7±1,1	24,4±21,6	2,8±1,7
	Estate	0,16±0,08	0,02±0,02	4,7±3,3	1,8±2,6	1,8±0,7	3,6±1,4	23,6±17,3	2,3±1,3
	Inverno	0,11±0,07	0,03±0,04	2,9±2,6	2,2±2,4	1,9±0,7	2,5±1,1	12,4±9,1	1,7±0,8
Follo (extraurbana)	Bianco	0,23±0,23	0,04±0,03	6,8±4,0	2,1±1,7	2,8±0,6	4,0±0,9	21,9±22,0	2,7±1,7
	Estate	0,16±0,10	0,02±0,02	5,2±3,7	1,4±1,1	1,8±1,1	3,1±1,7	17,0±10,3	2,1±1,0
	Inverno	0,12±0,10	0,01±0,01	4,2±1,7	1,9±1,7	2,0±0,8	3,5±3,9	10,6±10,5	1,8±1,1
Arcola (extraurbana)	Bianco	0,20±0,15	0,02±0,01	3,2±1,6	1,2±0,4	8,9±12,8	4,9±3,0	16,9±14,7	2,4±1,6
	Estate	0,18±0,09	0,03±0,02	4,3±3,3	1,6±0,8	24,3±25,3	5,0±1,4	13,9±5,2	2,0±0,9
	Inverno	0,14±0,09	0,01±0,01	4,2±2,1	1,5±0,9	14,7±14,1	4,2±1,7	11,1±8,3	1,7±0,8
Le Grazie (extraurbana)	Bianco	0,20±0,16	0,02±0,01	3,4±2,1	1,2±1,1	3,3±0,9	6,2±2,4	16,1±16,1	2,5±1,3
	Estate	0,15±0,07	0,02±0,01	3,6±2,5	1,1±0,8	2,5±1,4	3,4±1,4	13,2±6,6	1,6±0,7
	Inverno	0,11±0,07	0,01±0,01	1,8±1,1	1,3±0,8	2,3±0,6	3,7±1,5	6,5±5,5	1,4±0,6
Chiappa (fondo urbano)	Bianco	0,20±0,20	0,02±0,01	2,8±1,5	1,3±1,1	2,7±0,6	7,1±3,8	16,6±19,2	2,3±1,7
	Estate	0,14±0,07	0,04±0,06	3,7±3,3	1,5±1,4	2,2±1,2	4,2±2,0	11,8±5,6	1,6±0,6
	Inverno	0,13±0,10	0,01±0,01	2,4±1,2	2,6±3,7	3,3±1,7	3,6±1,7	9,4±9,1	1,8±0,8
Maggiolina (*) (urbana)	Bianco	0,29±0,17	0,03±0,02	6,6±3,0	1,7±1,6	6,3±5,3	9,5±4,0	27,7±25,8	3,5±1,3
	Estate	0,22±0,08	0,03±0,02	8,9±7,9	1,8±1,2	3,4±2,0	7,3±2,1	19,7±7,7	3,0±0,8
	Inverno	0,17±0,14	0,01±0,01	8,7±6,5	2,5±1,2	4,9±1,3	6,2±3,3	17,4±11,3	3,0±0,9
Saint Bon (urbana)	Bianco	0,30±0,20	0,06±0,06	11,4±6,9	4,6±2,0	5,5±2,5	19,8±10,5	39,9±35,0	3,7±1,6
	Estate	0,23±0,09	0,04±0,03	10,5±4,9	3,4±1,9	5,4±2,2	25,0±15,8	28,6±14,3	2,8±1,1
	Inverno	0,26±0,10	0,03±0,01	10,5±3,0	5,1±2,1	7,1±2,9	19,7±8,0	28,4±13,0	3,8±0,7
Fossamastra (*) (urbana)	Bianco	0,53±0,35	0,04±0,02	21,3±18,1	10,8±9,7	15,3±13,4	44,4±19,6	58,2±39,0	7,0±4,6
	Estate	0,68±0,22	0,07±0,05	25,4±13,5	10,8±4,8	13,3±6,9	52,7±24,1	76,8±34,1	7,9±3,6
	Inverno	0,74±0,29	0,07±0,03	25,9±12,3	15,4±7,3	15,0±5,2	42,5±17,0	88,1±47,8	10,0±4,5
Melara (urbana)	Bianco	0,61±0,51	0,06±0,06	25,2±28,1	10,6±11,6	10,3±6,8	35,5±31,8	75,7±63,8	10,0±8,7
	Estate	0,39±0,36	0,03±0,03	16,3±15,4	4,9±8,1	8,8±9,0	22,1±29,5	33,4±37,5	4,5±5,2
	Inverno	0,28±0,20	0,04±0,03	11,3±10,9	4,0±4,4	5,5±3,0	11,9±8,9	25,0±19,4	4,0±3,8

Tabella 4 – Ratei medi stagionali dei metalli nelle postazioni di monitoraggio. (*) 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.

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Esaminando i ratei medi 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. Risulta evidente che il rateo medio pluriennale delle campagne di bianco subisce l'influenza della campagna **P14 18/2** per quanto riguarda As, Mn e V per tutte le postazioni. Nel caso specifico di Melara, le due campagne di bianco **P14 19/1** e **19/3** alzano i valori medi del bianco per tutti i metalli, ciò suggerisce che le deposizioni non sono correlate al funzionamento della Centrale.

La postazione di **Arcola** si differenzia da tutte le altre postazioni extra-urbane per quanto riguarda il Pb, il cui rateo medio è alterato dai valori delle campagne precedenti al 2018, in cui è stato spostato il deposimetro (vedi cap.5). I dati di quest'anno infatti sono del tutto paragonabili ai valori delle postazioni extraurbane eccetto che per Cu e Mn nella **P14 19/1** (vedi cap.5).

I ratei medi stagionali della postazione di **fondo urbano** sono molto simili a quelli delle postazioni extraurbane sia per gli andamenti, sia in termini quantitativi.

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 fino al 2017;
- i valori dei metalli di **Maggiolina** della campagna invernale **P14 15/2** per i problemi legati all'attività di sfalcio (v. par. 7.1).

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

<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	0,22±0,18	0,02±0,02	4,6±3,0	1,5±1,3	3,1±1,0	4,6±1,9	20,8±18,9	2,7±1,5
	P. Fondo Urbano	0,20±0,20	0,02±0,01	2,8±1,5	1,3±1,1	2,7±0,6	7,1±3,8	16,6±19,2	2,3±1,7
	P. Urbane	0,39±0,32	0,05±0,05	13,6±16,2	5,3±6,9	7,2±5,1	20,6±19,7	45,8±44,0	5,4±5,3
	Fossamastra	0,53±0,35	0,04±0,02	21,3±18,1	10,8±9,7	15,3±13,4	44,4±19,6	58,2±39,0	7,0±4,6
Estate	P. Extra-urbane	0,16±0,08	0,02±0,01	4,5±3,2	1,4±1,7	2,0±1,1	3,4±1,4	18,0±12,6	2,0±1,0
	P. Fondo Urbano	0,14±0,07	0,04±0,06	3,7±3,3	1,5±1,4	2,2±1,2	4,2±2,0	11,8±5,6	1,6±0,6
	P. Urbane	0,27±0,21	0,03±0,03	11,6±9,9	3,2±4,4	5,6±5,3	17,8±19,2	26,8±21,7	3,3±2,8
	Fossamastra	0,68±0,22	0,07±0,05	25,4±13,5	10,8±4,8	13,3±6,9	52,7±24,1	76,8±34,1	7,9±3,6
Inverno	P. Extra-urbane	0,11±0,08	0,02±0,03	3,0±2,1	1,8±1,7	2,1±0,7	3,2±2,4	9,9±8,6	1,6±0,8
	P. Fondo Urbano	0,13±0,10	0,01±0,01	2,4±1,2	2,6±3,7	3,3±1,7	3,6±1,7	9,4±9,1	1,8±0,8
	P. Urbane	0,24±0,15	0,03±0,02	10,2±6,7	4,0±2,9	6,0±2,6	13,4±9,0	24,2±14,6	3,6±2,1
	Fossamastra	0,74±0,29	0,07±0,03	25,9±12,3	15,4±7,3	15,0±5,2	42,5±17,0	88,1±47,8	10,0±4,5

Tabella 5 - 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 valori della tabella precedente sono mostrati sotto forma di istogrammi nella figura che segue:

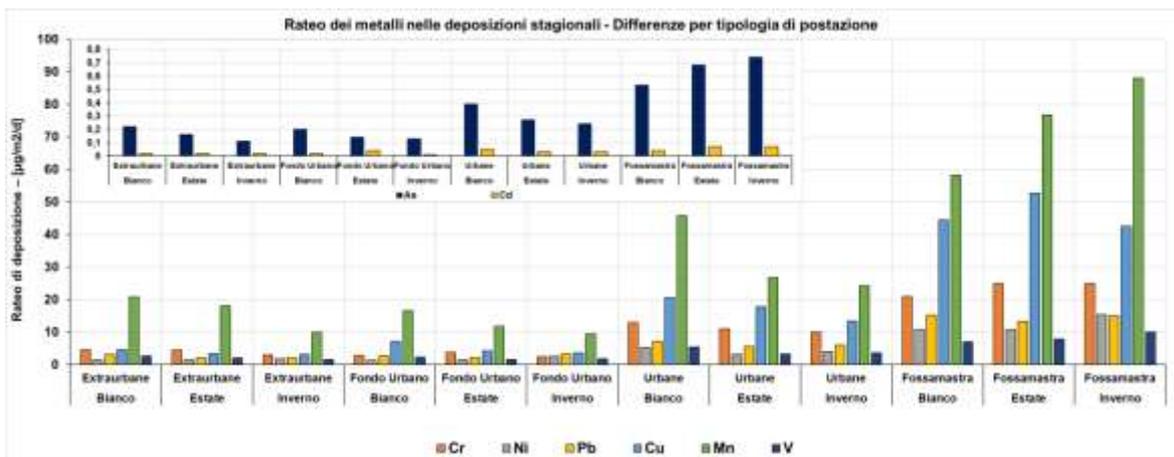


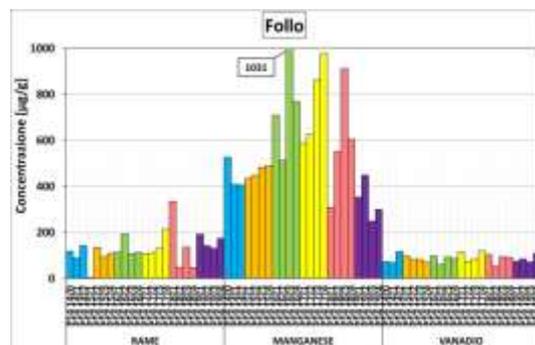
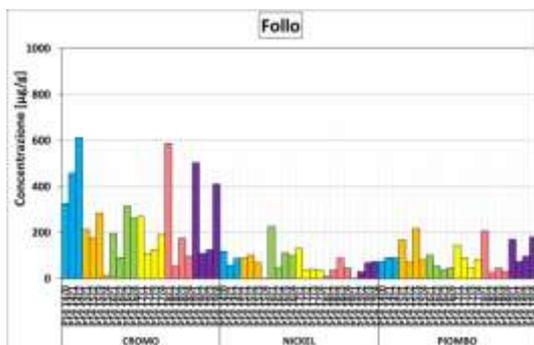
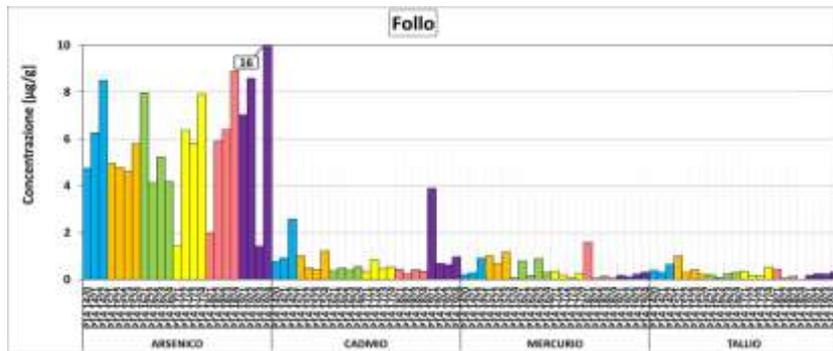
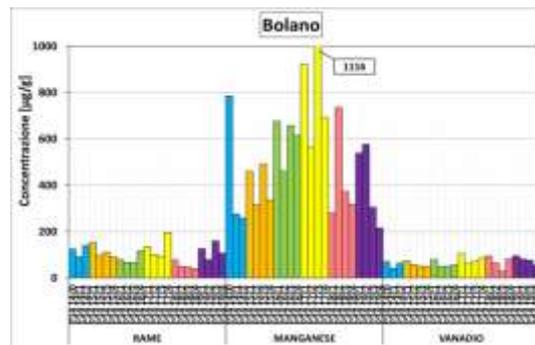
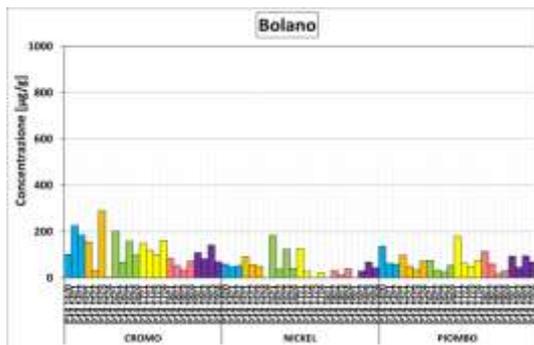
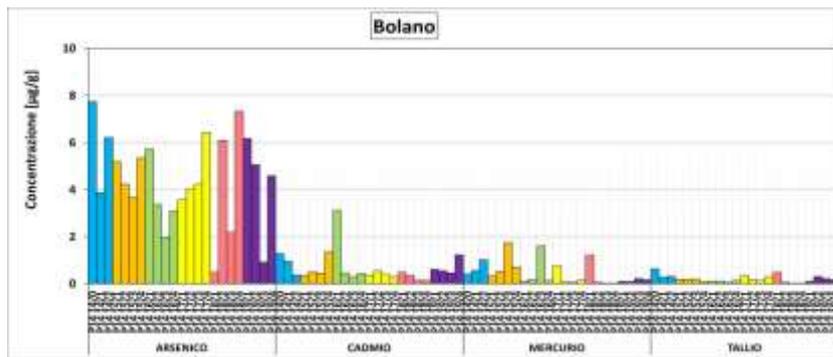
Figura 4 –Confronto tra i valori medi stagionali dei ratei dei metalli nei differenti tipi di postazioni

I ratei medi stagionali confermano le osservazioni precedenti, ovvero:

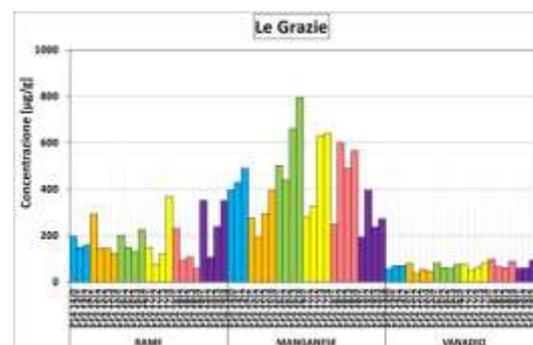
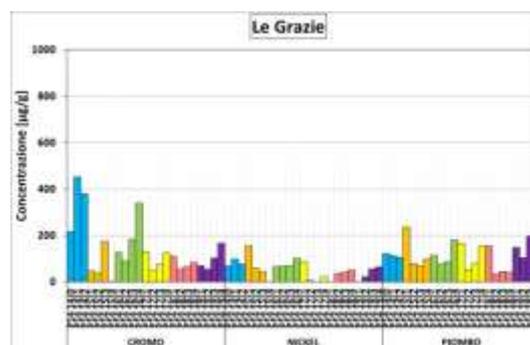
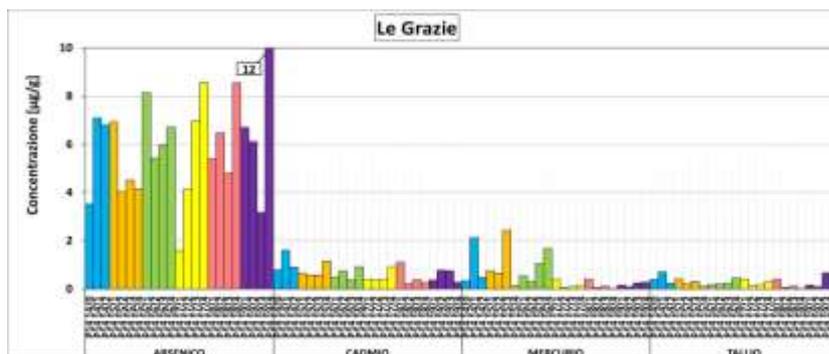
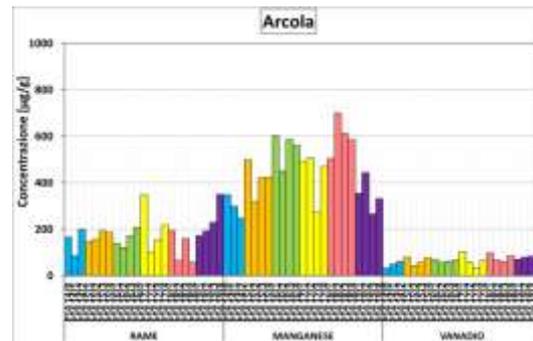
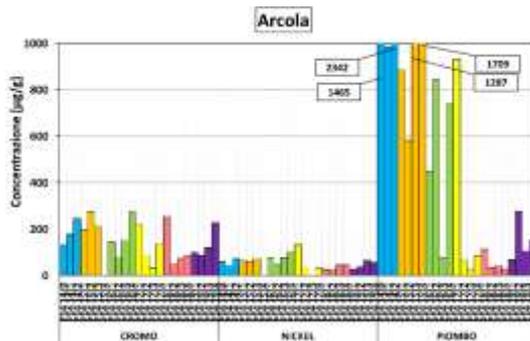
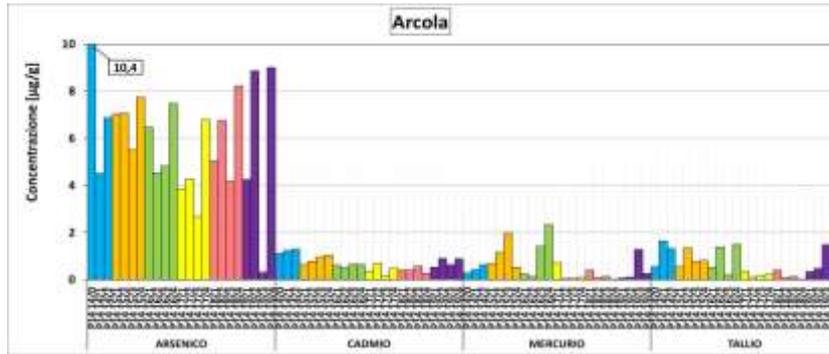
- nelle postazioni **extraurbane** e in quella di **fondo urbano**, i ratei medi stagionali di tutti i metalli, eccetto che per il Mn (maggiore in estate per le extraurbane) sono confrontabili tra di loro, tenuto conto delle deviazioni standard associate ai dati;
- considerazioni analoghe valgono anche per i ratei medi stagionali delle postazioni **urbane**, Fossamastra esclusa, salvo per il Ni, maggiormente depositato in inverno e per il Cu, in estate. Le deposizioni medie stagionali di queste postazioni sono da 1,5 a 4 volte maggiori di quelle delle postazioni extraurbane e della postazione di fondo urbano;
- si rileva per il Mn una deposizione lievemente superiore in estate in tutte le postazioni eccetto che in Fossamastra, dove risulta maggiore in inverno;
- per la postazione di **Fossamastra**, i ratei medi stagionali sono maggiori di 2-4 volte rispetto a quelli riscontrati nelle postazioni urbane e sono tra loro praticamente equivalenti per As, Cd, Cr, maggiori in inverno per Ni, Pb, Mn e V e in estate per Cu;
- non si riscontrano significative differenze tra le campagne di bianco e quelle a centrale in funzione, salvo il caso di Mn, As e V nelle postazioni extraurbane, influenzate dalle polveri sahariane della campagna di bianco **P14 18/2**
- per quanto riguarda i metalli di prevalente origine antropica (Pb, Cr, Cu, Ni, V) nelle postazioni urbane, a causa della elevata variabilità del dato, non sembrano esserci particolari differenze stagionali;
- 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

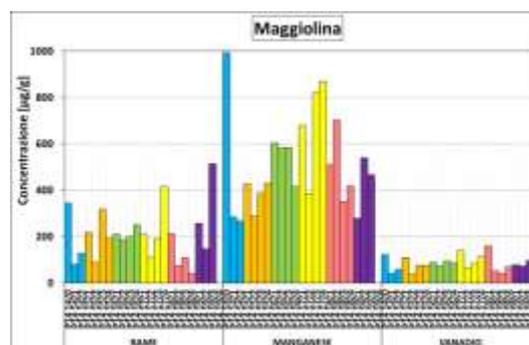
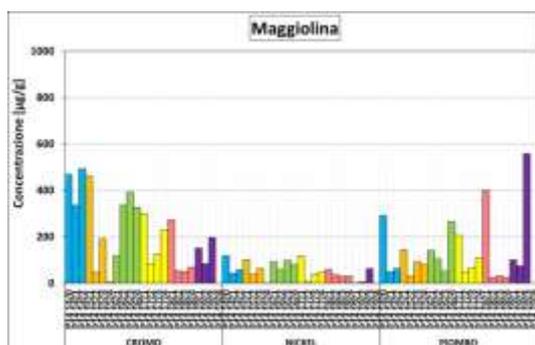
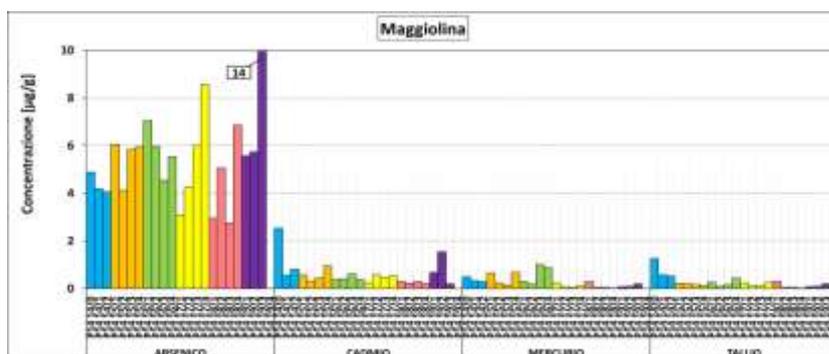
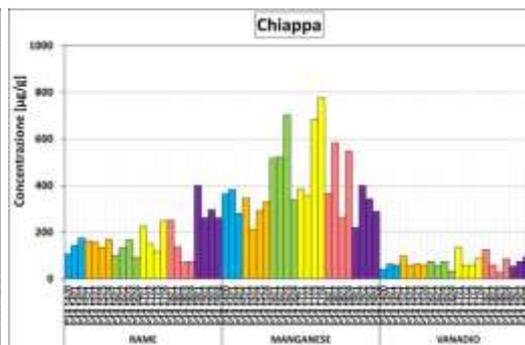
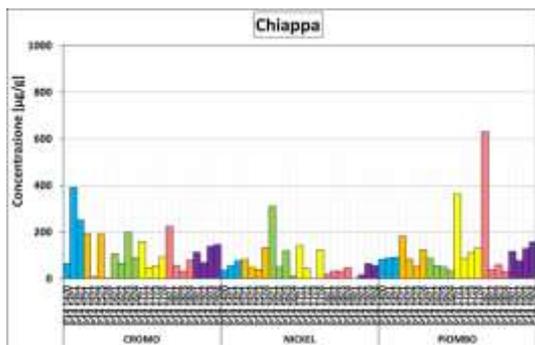
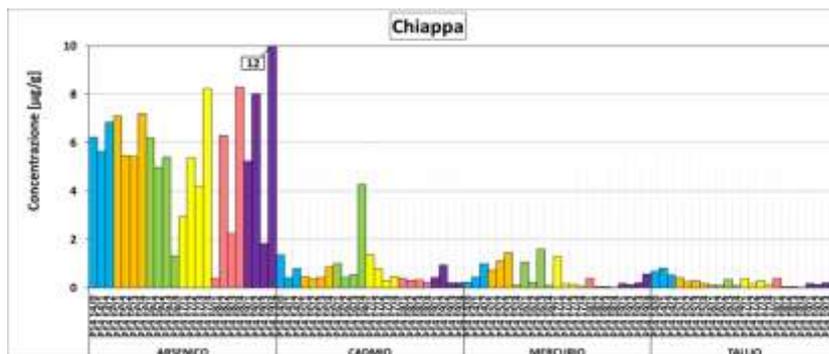
Per valutare le possibili variazioni intervenute nella composizione delle polveri depositate durante le campagne di monitoraggio, si è proceduto al calcolo delle concentrazioni dei metalli maggioritari. Negli istogrammi seguenti sono mostrate appunto le **concentrazioni in µg/g** dei metalli nelle deposizioni raccolte nel corso delle campagne. In Appendice A6.3 sono riportati i valori numerici di tutte le campagne:

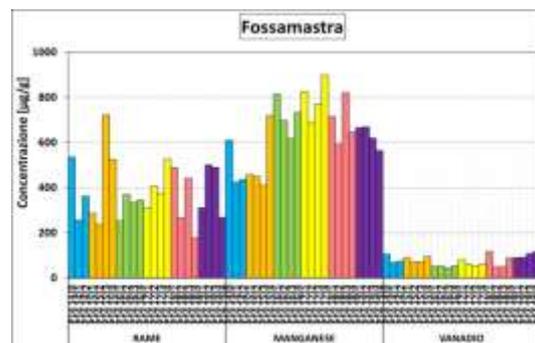
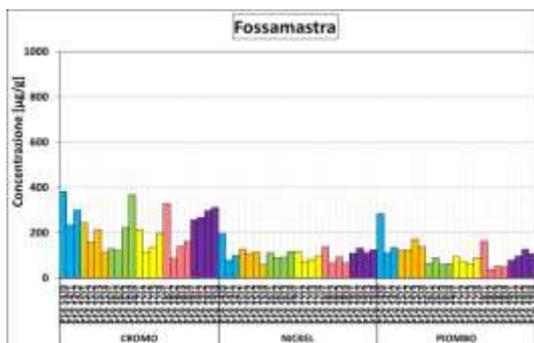
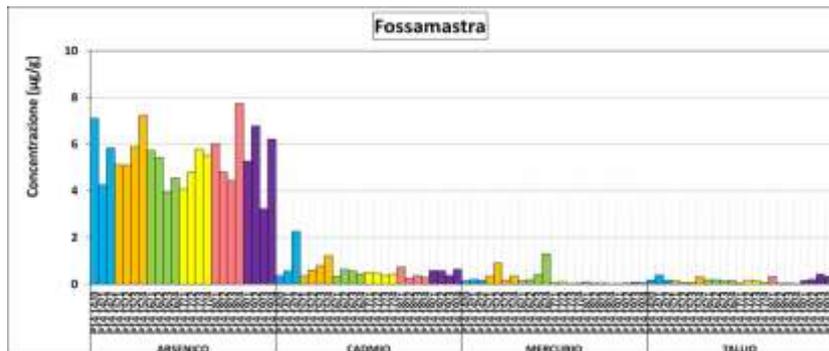
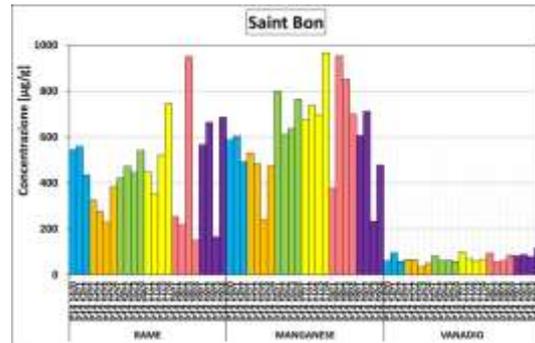
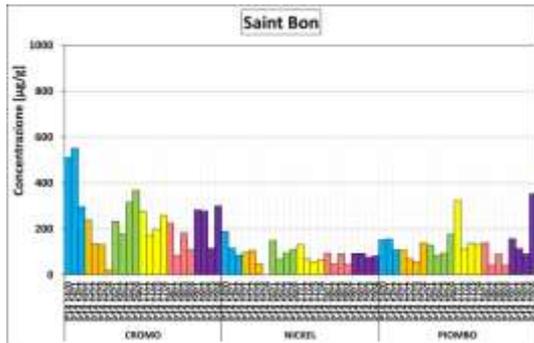
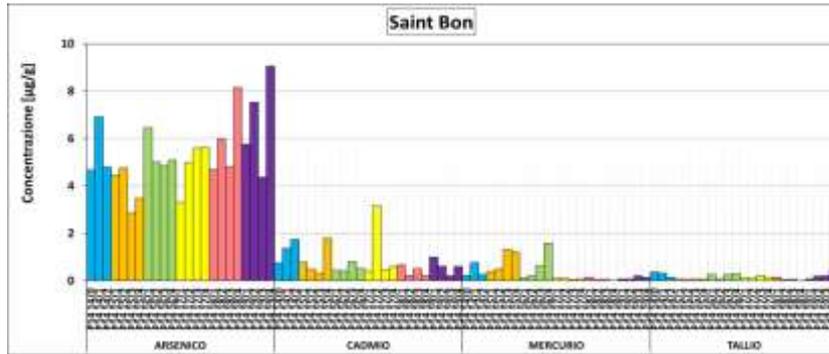


Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107





Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

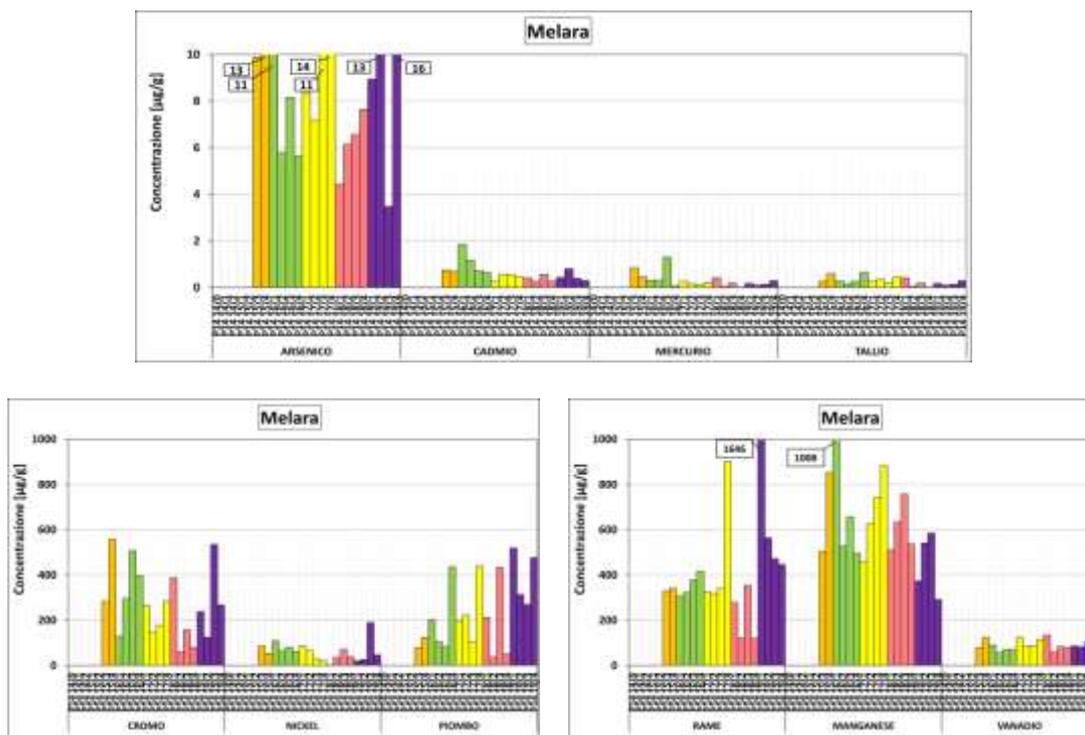


Figura 5– Confronto delle concentrazioni ($\mu\text{g/g}$) di metalli nelle campagne 2014-2019.

Dai grafici in Figura 5 si evidenzia quanto segue:

- la concentrazione di **As** nelle polveri è molto variata nel corso delle campagne con andamento simile nelle postazioni urbane ed extraurbane. Essendo significativamente presente nei terreni del comprensorio della Spezia, ciò potrebbe essere associato ad apporti tipicamente terrigeni. La maggiore concentrazione di As si osserva nelle polveri depositate a Melara (v. anche par. 7.7);
- la concentrazione di **Cd** è rimasta sempre bassa e confrontabile nelle polveri delle postazioni urbane ed extraurbane, con alcuni episodi di più elevate concentrazioni rispetto all'usuale;
- le concentrazioni di **Hg** e **Tl** sono risultate molto basse in tutte le postazioni con simile andamento temporale e limitate differenze tra le tipologie di postazioni, salvo il caso di Arcola in cui il Tl sembra leggermente più concentrato, specie nelle campagne dal 2014 al 2016;
- le concentrazioni di **Cr** nelle polveri sono risultate abbastanza variabili in tutte le postazioni ma confrontabili nell'ambito della stessa tipologia. Una maggiore concentrazione di Cr è presente nelle polveri delle postazioni urbane e si sono osservati valori più elevati in alcune campagne del 2014 limitatamente a Follo, Le Grazie, Maggiolina e Saint Bon e nel 2018 solo a Follo. In ambiente urbano, le polveri di Melara sembrano le più concentrate in Cr;
- la concentrazione di **Ni** è risultata poco variabile in tutte le postazioni con qualche episodio di più elevati valori a Bolano, Follo e Chiappa nella campagna **P14 16/1**;
- la concentrazione di **Pb** è risultata poco variabile a parte qualche episodio di maggior concentrazione rilevata nella campagna **P14 17/1**, in alcune postazioni (Bolano, Chiappa, Saint Bon) e nella campagna **P14 18/1** (Maggiolina, Chiappa) e nella **P14 19/3** (Maggiolina). La postazione di Melara ha un andamento diverso dalle

altre postazioni con valori anche molto elevati alternati a concentrazioni più basse. La postazione di Arcola si differenzia da tutte le altre per la elevata presenza estemporanea di Pb fino al 2017. Dal 2018 i valori sono confrontabili con quelli delle postazioni extraurbane;

- la concentrazione di **Cu** risulta maggiore in ambiente tipicamente urbano (Saint Bon, Fossamastra, Melara) rispetto alle aree extraurbane e riflette le influenze dovute alle emissioni industriali e al traffico. Un valore decisamente anomalo di concentrazione di Cu è stato rilevato a Melara nella campagna **P14 17/4** e **P14 19/1** e a Saint Bon nella campagna **P14 18/3**;
- la concentrazione di **Mn** nelle polveri è risultata molto variabile, ma in ogni caso elevata e tipicamente maggioritaria in tutte le postazioni con un lieve aumento rilevato fino all'anno 2017 (in tutte le postazioni escluse Arcola e Le Grazie) e una diminuzione nell'ultimo biennio. Si segnalano inoltre valori elevati rilevati a Bolano, Follo e Melara rispettivamente nelle campagne **P14 17/3**, **P14 16/3** e **P14 16/1**. Essendo il Mn un metallo tipicamente terrigeno e presente in minerali del territorio spezzino in cui addirittura nell'Ottocento erano attive piccole cave²⁵ (Fregara, Amora, Casale, Cerchiara), è possibile che le deposizioni siano fortemente influenzate da apporti naturali;
- la concentrazione di **V** è poco variata nelle polveri di tutte le postazioni.

La tabella che segue riassume le **concentrazioni medie** dei metalli nelle polveri depositate stagionalmente e delle campagne 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 ± Dev. St. (µg/g)		As	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano (extraurbana)	Bianco	5,0±2,6	0,6±0,4	105±33	37±27	90±31	112±40	586±190	74±14
	Estate	4,0±1,4	0,5±0,4	130±92	39±38	47±18	93±28	511±240	55±15
	Inverno	3,9±1,7	0,9±1,0	108±61	77±62	89±48	102±32	476±249	73±21
Follo (extraurbana)	Bianco	5,1±2,2	1,3±1,5	223±188	53±44	92±52	120±51	461±155	69±9
	Estate	6,2±1,5	0,8±0,7	262±185	66±37	81±55	118±20	646±246	87±15
	Inverno	5,9±5,0	0,6±0,3	278±168	97±69	133±58	152±101	472±147	96±18
Arcola (extraurbana)	Bianco	6,2±3,2	0,6±0,4	93±37	39±23	367±615	146±65	403±170	61±20
	Estate	6,1±1,7	0,9±0,3	151±87	59±29	837±819	176±37	465±132	65±9
	Inverno	6,1±1,8	0,6±0,2	201±67	67±33	567±342	208±99	457±101	79±24
Le Grazie (extraurbana)	Bianco	4,8±1,7	0,5±0,3	98±70	33±30	110±68	191±113	350±161	65±17
	Estate	5,9±1,1	0,8±0,4	192±162	50±38	98±38	141±37	508±157	62±9
	Inverno	6,2±3,2	0,6±0,3	101±46	83±37	148±63	217±80	316±111	80±26
Chiappa (fondo urbano)	Bianco	5,0±1,8	0,6±0,5	84±40	36±24	90±35	218±125	373±131	61±20
	Estate	5,1±2,2	1,0±1,3	142±126	53±47	77±30	148±55	408±167	57±16
	Inverno	5,6±3,6	0,6±0,4	129±75	101±100	199±217	184±62	377±113	95±32
Maggiolina (^) (urbana)	Bianco	6,7±3,9	0,8±1,0	190±165	45±48	204±224	261±179	564±286	83±28
	Estate	5,0±1,1	0,7±0,4	222±171	46±32	86±70	180±74	453±173	70±19
	Inverno	5,0±1,9	0,4±0,1	298±123	86±25	200±119	207±12	561±96	114±36
Saint Bon (urbana)	Bianco	5,2±0,7	1,3±1,3	233±172	95±54	111±47	369±183	623±262	69±11
	Estate	5,1±1,5	0,9±0,6	260±151	77±36	119±37	525±201	608±184	63±19
	Inverno	5,4±1,9	0,5±0,1	227±56	104±27	173±116	411±148	565±141	83±20
Fossamastra (urbana)	Bianco	5,0±1,4	0,4±0,1	228±125	111±52	120±97	401±115	634±40	82±27
	Estate	5,4±1,2	0,8±0,6	222±83	96±22	99±43	429±139	622±160	66±18
	Inverno	5,4±0,7	0,5±0,2	215±85	116±16	108±32	316±88	646±158	82±27

²⁵ F. Rolla - La Storia Naturale del Golfo della Spezia fra la fine del 1700 e il 1800, Volume VI, Osservazioni naturalistiche, fermenti rivoluzionari e Arcadia. Collana Thyrrenis.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Melara (urbana)	Bianco	6,4±0,7	0,4±1,3	245±172	78±54	263±47	640±183	556±262	84±11
	Estate	9,6±2,9	0,7±0,1	316±175	58±24	225±164	390±82	651±140	86±19
	Inverno	9,0±4,6	0,9±0,7	269±93	63±41	239±139	336±64	559±268	101±30

Tabella 6 – Concentrazioni medie dei metalli nelle polveri depositate stagionalmente in ciascuna postazione. Valori in µg/g. (^) La concentrazione media invernale di Maggiolina non include il dato della campagna P14 15/2 (v. sopra).

Dalla tabella precedente, si evidenzia l'estrema variabilità delle concentrazioni di metalli nelle postazioni cittadine (Maggiolina, Saint Bon e Fossamastra), pertanto non è possibile un confronto tra i dati relativi alle campagne di bianco e a centrale in funzione. Analizzando le variazioni di concentrazione per postazione, si confermano alcuni andamenti già messi in evidenza in precedenza:

- le concentrazioni medie stagionali di **As** sono confrontabili in quasi tutte le postazioni e variano entro un intervallo ristretto (3,9-6,2 µg/g), confrontabile con quello delle campagne di bianco (4,8-6,7 µg/g). Solo la postazione di Melara sembra avere una concentrazione di As nelle polveri maggiore di tutte le altre (9,0-9,6 µg/g), ma è caratterizzata però anche da un elevato valore di bianco (6,4 µg/g);
- le concentrazioni medie stagionali di **Cd**, in maniera simile a quelle del As, risultano abbastanza uniformi e non si notano differenze sostanziali con i valori delle campagne di bianco, tenendo conto della variabilità del dato;
- la concentrazione di **Cr** ha un andamento stagionale più complesso, con variazioni anche all'interno del tipo di postazione. In linea generale il Cr appare più concentrato nelle polveri delle postazioni urbane (Saint Bon, Maggolina, Melara). Emerge la particolarità di Follo che presenta valori di concentrazione di Cr confrontabili alle postazioni urbane ed evidentemente subisce influenze di tipo locale. La variabilità della concentrazione di Cr, in taluni casi, potrebbe essere legata ai riporti effettuati con terreni provenienti dalla Val di Vara e Magra, caratterizzati da contenuti naturali elevati di Cr e alle attività di movimentazione di rinfuse nell'area portuale;
- la concentrazione di **Ni** ha un andamento che sembra essere indipendente dal tipo di postazione e si nota in tutte le postazioni una maggiore concentrazione nelle polveri invernali, sebbene le variazioni associate ai dati siano molto elevate;
- la concentrazione di **Pb** risulta maggiore nelle polveri delle postazioni urbane (Saint Bon, Fossamastra, Melara, Maggolina), coerentemente con le potenziali maggiori emissioni antropiche dell'ambiente urbano. Si nota un aumento invernale apprezzabile in tutte le postazioni eccetto che a Fossamastra e a Melara, che rimane stagionalmente poco variabile. Arcola, come già rilevato, si differenzia da tutte le altre postazioni per le elevate deposizioni di Pb e quindi per le elevate concentrazioni riscontrate che vanno imputate ad una sorgente prettamente locale. Una discussione più estesa del caso di Arcola è riportata nel documento prot. Arpal 0037531 del 20/12/2018;
- la concentrazione di **Cu** si differenzia sostanzialmente nelle polveri delle postazioni extraurbane da quelle delle postazioni urbane con valori decisamente maggiori in queste ultime. La variazione stagionale è poco evidente in tutte le postazioni eccetto che in quelle urbane Fossamastra e a Saint Bon in cui

sembrerebbe esserci un aumento di Cu nelle polveri estive. Si riscontrano alte concentrazioni nelle campagne di bianco a Chiappa, Melara e Maggiolina. L'insieme di queste osservazioni fa propendere a delineare un quadro di sostanziale diffusione uniforme del Cu nelle aree extraurbane cui si sovrappongono i contributi antropici tipici che portano a circa un raddoppio della sua concentrazione nelle polveri dell'ambiente urbano;

- le concentrazioni di **Mn** nelle polveri si distribuiscono all'interno di un intervallo di circa 300-600 µg/g con elevata variabilità e con scarsa variazione stagionale in tutte le postazioni. Ciò sembrerebbe essere coerente con la presenza di apporti antropici in area urbana su un fondo naturale di Mn, data la sua diffusione nei terreni spezzini, in linea anche con la sua concentrazione media nella crosta terrestre (circa 0,1% in peso);
- la concentrazione di V, come quella di As e Cd, sembra piuttosto uniforme e con un aumento in inverno rispetto all'estate in tutte le postazioni.

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). Sono stati esclusi, inoltre, i dati anomali di Pb della postazione di Arcola (postazione extraurbana), per i motivi già citati.

<i>Media ± Dev. St. (µg/g)</i>		As	Cd	Cr	Ni	Pb (*)	Cu	Mn	V
Bianco	P. Extra-urbane	5,0±2,0	0,8±0,9	142±124	41±33	97±49	141±79	466±185	69±13
	P. Fondo Urbano	5,0±1,8	0,6±0,5	84±40	36±24	90±35	218±125	373±131	61±20
	P. Urbane	6,1±2,6	0,8±0,9	221±167	72±59	188±171	408±393	583±225	78±20
	Fossamastra	5,0±1,4	0,4±0,1	228±125	111±52	120±97	401±115	634±40	82±27
Estate	P. Extra-urbane	5,3±1,7	0,7±0,5	195±156	52±38	75±44	117±34	555±219	68±19
	P. Fondo Urbano	5,1±2,2	1,0±1,3	142±126	53±47	77±30	148±55	408±167	57±16
	P. Urbane	6,3±2,8	0,8±0,4	262±162	61±33	137±110	363±199	564±184	72±20
	Fossamastra	5,4±1,2	0,8±0,6	222±83	96±22	99±43	429±139	622±160	66±18
Inverno	P. Extra-urbane	5,3±3,5	0,7±0,6	162±131	86±56	123±60	157±87	421±186	83±23
	P. Fondo Urbano	5,6±3,6	0,6±0,4	129±75	101±100	199±217	184±62	377±113	95±32
	P. Urbane	6,3±3,3	0,6±0,4	260±90	86±34	200±119	329±130	562±167	97±30
	Fossamastra	5,4±0,7	0,5±0,2	215±85	116±16	108±32	316±88	646±158	82±27

Tabella 7 - Confronto tra le concentrazioni medie stagionali (± 1 deviazione standard) per i metalli depositati nelle campagne della prescrizione P14. Valori in µg/g. (*) Nelle postazioni extra-urbane è esclusa Arcola per il Pb.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

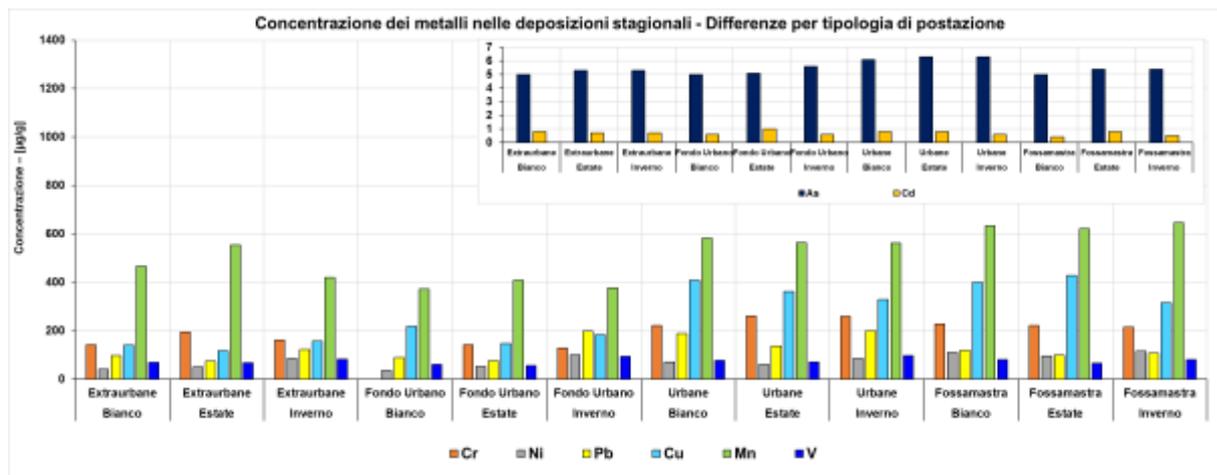


Figura 6 – Medie stagionali delle concentrazioni di metalli nelle polveri per tipologia di postazione

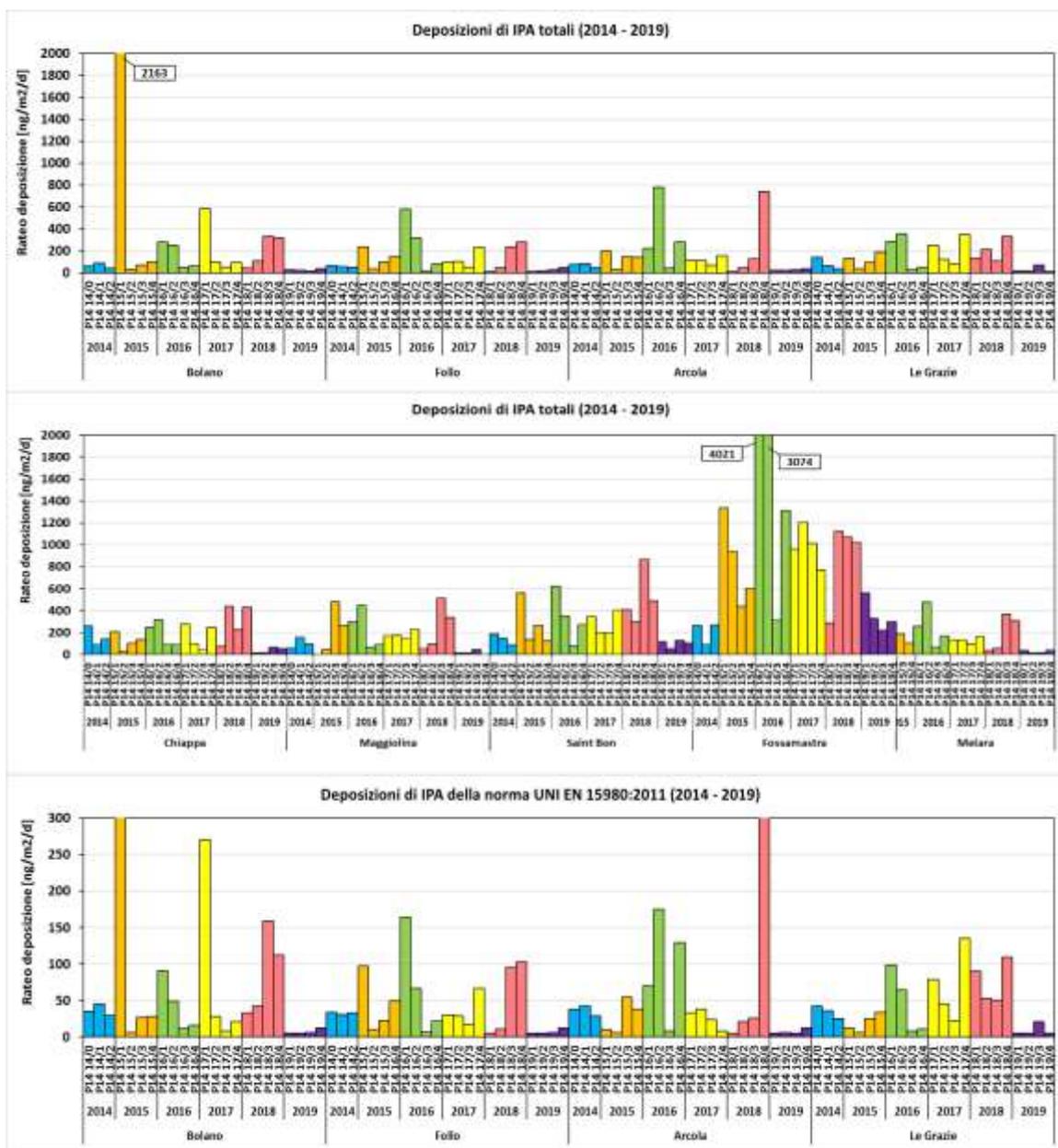
Dalla tabella e dal grafico precedenti, analizzando le variazioni di deposizioni tra le tipologie di postazioni si confermano buona parte delle osservazioni già riportate, che si possono così riassumere:

- le concentrazioni di As e Cd nelle polveri sono molto simili in tutte le postazioni, con poca variabilità stagionale, prefigurando una spiccata omogeneità di diffusione, confermata anche dalla equivalenza tra le concentrazioni rilevate nelle campagne di bianco e quelle stagionali;
- la concentrazione di Cr mostra una concentrazione lievemente maggiore nelle polveri estive rispetto a quelle invernali nelle postazioni extraurbane e di fondo urbano mentre si ha una sostanziale equivalenza in quelle urbane e a Fossamastra;
- la concentrazione di Ni e V è maggiore nelle polveri invernali rispetto a quelle estive in tutte le tipologie di postazioni. Rispetto alle campagne di bianco, le concentrazioni delle campagne stagionali sono abbastanza confrontabili con esse, fatta eccezione per il Ni delle postazioni extraurbane e di fondo urbano tipicamente inferiori;
- per Cu e Pb (esclusi i valori di Arcola e di Chiappa) si nota una tendenza ad avere polveri maggiormente concentrate in questi metalli nelle postazioni urbane, mentre per quanto riguarda il Mn le polveri risultano a concentrazioni abbastanza uniformi in tutte le postazioni. Le medie stagionali risultano per questi metalli in linea con quelle delle campagne di bianco;
- le concentrazioni di metalli a **Fossamastra**, al contrario dei ratei di deposizione, non sono particolarmente differenti da quelle delle altre postazioni urbane, ad eccezione del Pb e con lievi differenze per Ni e Mn, ad indicare che la polvere della zona ha una composizione simile ad esse, in particolare con quella di Saint Bon, ed è 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 e Chiappa relativamente al Pb si diversificano rispetto alle altre stazioni.

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, totali²⁶ e della norma UNI (v. cap. 5), di tutte le campagne effettuate fino al 2019.



²⁶ 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.

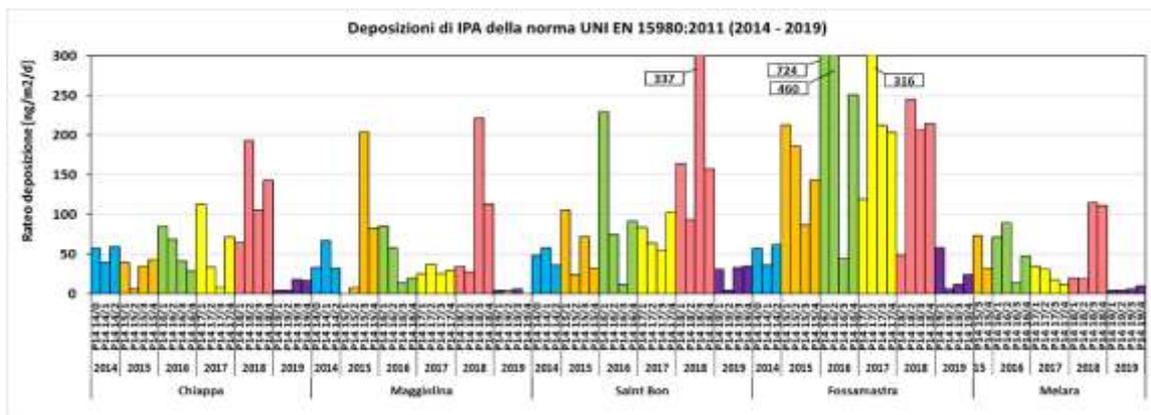


Figura 7 – Deposizioni di IPA totali e della norma UNI EN 15980:2011 nelle campagne del 2014 - 2019.

I dati numerici dei ratei di deposizione degli IPA sono riportati in Appendice A6.4.

Dalle figure precedenti, si nota una diminuzione generale dei ratei di IPA nel 2019; rimangono alcuni ratei più elevati rispetto a quelli che vengono rilevati normalmente in ciascuna postazione, legati a eventi anomali degli anni precedenti, 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 eliminando i dati associati ad eventi anomali. 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	• 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	• 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	• Maggiolina: elevato valore di IPA per lavori asfaltatura	E' stato escluso il dato di Maggiolina (482 ng/m ² /d)
P14 16/1	inverno	• 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	• 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).
P14 17/1	inverno	• Bolano: elevato valore associabile ad incendio boschivo	E' stato escluso il dato di Bolano (586 ng/m ² /d)
P14 18/3	Estate	• Bolano: valore anomalo per incendio locale	Il rateo rilevato a Bolano (333 ng/m ² /d) è stato escluso

Tabella 8 – Campagne con ratei di deposizione di IPA con valori anomali. I valori dei ratei si riferiscono agli IPA totali.

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**.

È 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. Il valore di Bolano della **P14 18/3** è stato escluso in quanto associato ad un incendio.

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 8, evidenziate in verde. I valori sono espressi in $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$:

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	62±40	23±17	62±40	23±17
	Estate	90±94	36±48	60±25	21±13
	Inverno	484±767	176±277	128±127	38±34
Follo	Bianco	51±35	17±14	51±35	17±14
	Estate	83±69	31±28	83±69	31±28
	Inverno	190±206	55±59	125±124	37±37
Arcola	Bianco	57±38	21±16	57±38	21±16
	Estate	107±79	40±37	107±79	40±37
	Inverno	199±269	44±62	102±90	23±25
Le Grazie	Bianco	113±74	33±20	113±74	33±20
	Estate	74±52	24±15	74±52	24±15
	Inverno	172±128	51±41	172±128	51±41
Chiappa	Bianco (^)	175±173	61±76	175±173	61±76
	Estate	104±61	40±30	104±61	40±30
	Inverno	171±117	56±38	171±117	56±38
Maggiolina	Bianco	77±63	22±15	77±63	22±15
	Estate	202±182	74±82	167±159	58±71
	Inverno	203±170	42±30	143±118	38±33
Saint Bon	Bianco	186±74	54±26	186±74	54±26
	Estate	231±251	78±101	231±251	78±101
	Inverno	359±193	102±73	268±139	76±55
Fossamastra	Bianco	674±465	138±134	674±465	138±134
	Estate	604±427	116±89	604±427	116±89
	Inverno	1559±1435	253±253	764±459	118±83
Melara	Bianco	61±51	15±12	61±51	15±12
	Estate	143±114	43±39	143±114	43±39
	Inverno	187±186	45±34	114±103	34±27

Tabella 9 – Ratei medi ± Dev. St. degli IPA totali e della norma UNI, esclusi i valori di tab. 8. (^) il dato di Chiappa è stato mantenuto ma si ritiene che non sia rappresentativo (v. testo). Valori in $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$.

Facendo riferimento ai dati complessivi, inclusi i dati anomali, come evidenziato nei rapporti precedenti, si osserva che le deposizioni di IPA alla Spezia sono comunque generalmente basse, salvo casi particolari locali come Fossamastra ed eventi anomali quali incendi, lavori edili, asfaltature (v. Tabella 8). Dai ratei di deposizione degli **IPA totali** depurati dei dati anomali e tenendo sempre conto della variabilità dei dati, si evidenzia che:

- nelle postazioni extraurbane e di fondo urbano, ad esclusione di Arcola, le deposizioni di IPA totali e della norma UNI sono maggiori in inverno; pur in un ambito di deposizioni non particolarmente elevate, in tali postazioni si nota quasi sempre circa un raddoppio dei ratei di deposizione;
- ad Arcola, tra le postazioni extraurbane e a Maggiolina e Melara, tra le postazioni **urbane**, si misurano valori di IPA totali e della norma UNI leggermente più elevati in estate;

- a Fossamastra e a Saint Bon, invece, si osservano valori degli IPA totali lievemente più elevati in inverno e valori **degli IPA della norma UNI** senza alcuna differenziazione stagionale; inoltre, se si escludono queste due postazioni, gli **IPA della Norma UNI**, presentano limitate differenze tra l'ambiente urbano e quello extraurbano.

Fossamastra rappresenta anche per le deposizioni degli IPA un caso a sé, in quanto si riscontrano ratei più elevati delle altre postazioni urbane e un aumento degli IPA totali 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 ed extraurbane nelle campagne di bianco (**campagne P14 14/0, 17/2, 18/2, 19/1, 19/3**) 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 $\text{ng/m}^2/\text{d}$.

	Media \pm Dev. St. ($\text{ng/m}^2/\text{d}$)	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	71 \pm 52	24 \pm 17	71 \pm 52	24 \pm 17
	P. Fondo Urbano	175 \pm 173	61 \pm 76	175 \pm 173	61 \pm 76
	P. Urbane	111 \pm 83	31 \pm 25	111 \pm 83	31 \pm 25
	Fossamastra	674 \pm 465	138 \pm 134	674 \pm 465	138 \pm 134
Estate	P. Extra-urbane	88 \pm 73	33 \pm 33	81 \pm 61	29 \pm 25
	P. Fondo Urbano	104 \pm 61	40 \pm 30	104 \pm 61	40 \pm 30
	P. Urbane	196 \pm 191	67 \pm 79	184 \pm 185	61 \pm 75
	Fossamastra	604 \pm 427	116 \pm 89	604 \pm 427	116 \pm 89
Inverno	P. Extra-urbane	261 \pm 421	81 \pm 149	134 \pm 114	38 \pm 35
	P. Fondo Urbano	171 \pm 117	56 \pm 38	171 \pm 117	56 \pm 38
	P. Urbane	263 \pm 192	68 \pm 58	182 \pm 133	52 \pm 43
	Fossamastra	1559 \pm 1435	253 \pm 253	764 \pm 459	118 \pm 83

Tabella 10 — Ratei medi \pm Dev. St. degli IPA totali e della norma UNI, esclusi i valori di tab. 8-9. Valori in $\text{ng/m}^2/\text{d}$.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente relativa ai ratei medi esclusi i dati anomali:

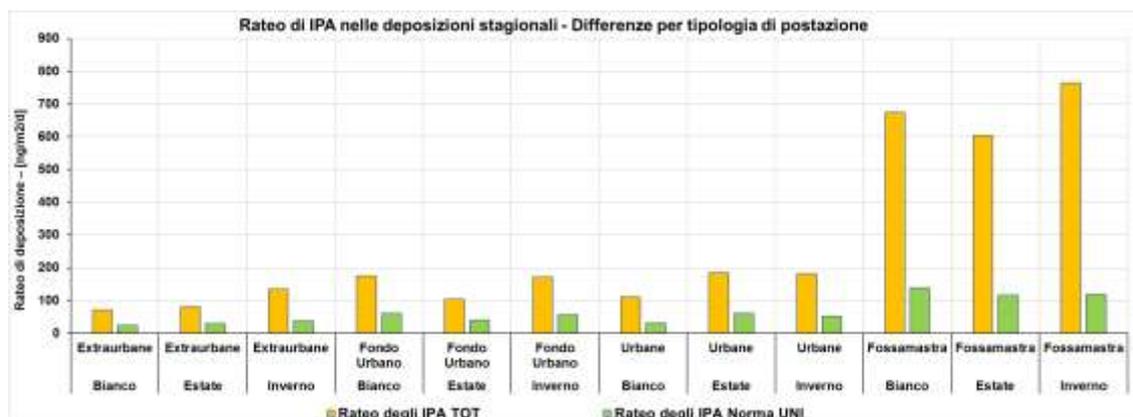


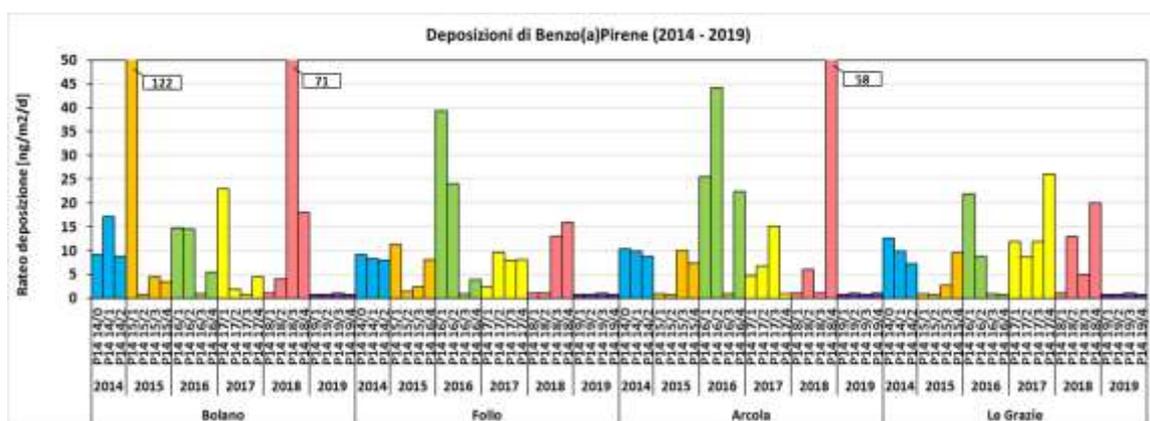
Figura 8 – Confronto tra i valori medi stagionali dei ratei di IPA totali e IPA Norma UNI nei differenti tipi di postazioni.

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

- per ogni tipologia di postazione (fatta eccezione per le postazioni urbane), si nota una variazione stagionale degli IPA, in aumento in inverno;
- nelle postazioni urbane si hanno ratei di IPA lievemente maggiori rispetto alle extraurbane, e senza una netta differenza stagionale, a causa delle maggiori pressioni antropiche;
- Fossamastra ha sempre una forte pressione antropica, più accentuata in inverno per gli IPA totali.

7.3.1.1 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 2019:



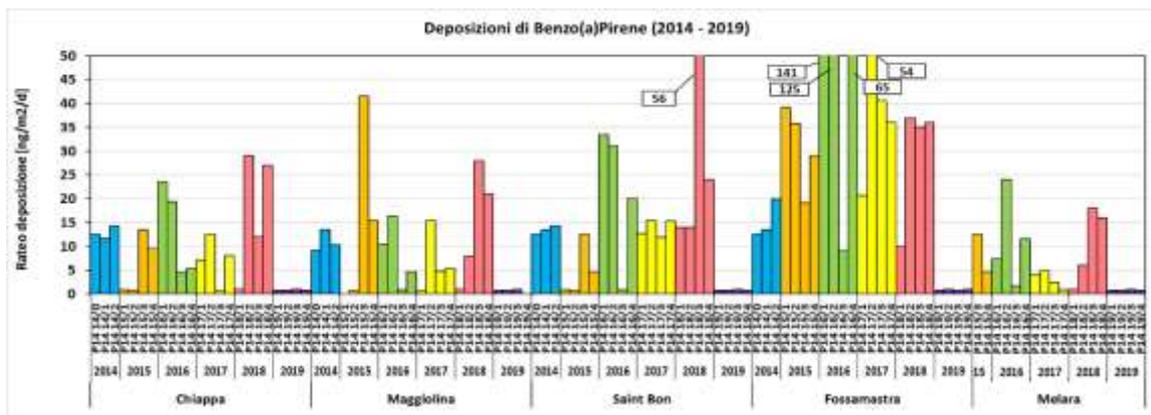


Figura 9 – Confronto dei ratei di deposizione medi di BaP nelle campagne 2014-2019.

I dati numerici dei ratei di deposizione del BaP sono riportati in Appendice A6.4. Dalla figura precedente, si notano alcuni ratei più elevati di BaP rispetto a quelli che vengono rilevati normalmente in ciascuna postazione, legati agli eventi anomali, discussi in precedenza per i ratei degli IPA totali e della norma UNI (v. Tabella 8).

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 8, evidenziate in verde. I valori sono espressi in $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$.

Postazione		Ratei inclusi i dati anomali		Ratei esclusi i dati anomali	
		Rateo del B(a)P		Rateo del B(a)P	
Bolano	Bianco	3±3		3±3	
	Estate	13±23		5±6	
	Inverno	25±43		7±8	
Follo	Bianco	4±5		4±5	
	Estate	6±4		6±4	
	Inverno	11±15		7±9	
Arcola	Bianco	5±4		5±4	
	Estate	8±7		8±7	
	Inverno	11±17		6±10	
Le Grazie	Bianco	7±6		7±6	
	Estate	5±4		5±4	
	Inverno	7±8		7±8	
Chiappa	Bianco (^)	11±12		11±12	
	Estate	8±5		8±5	
	Inverno	8±10		8±10	
Maggiolina	Bianco	7±6		7±6	
	Estate	13±14		10±9	
	Inverno	6±7		3±5	
Saint Bon	Bianco	9±7		9±7	
	Estate	15±17		15±17	
	Inverno	14±13		12±12	
Fossamastra	Bianco	21±24		21±24	
	Estate	26±19		26±19	
	Inverno	53±56		21±16	
Melara	Bianco	3±3		3±3	
	Estate	7±7		7±7	
	Inverno	7±10		3±3	

Tabella 11 - Ratei medi ± Dev. St. del BaP, esclusi i valori di tab. 8. (^) il dato di Chiappa è stato mantenuto ma si ritiene che non sia rappresentativo (v. testo).

Le deposizioni di BaP appaiono modeste salvo che a Fossamastra, avente ratei decisamente maggiori di tutte le altre postazioni. Riferendosi ai dati depurati dei valori anomali, si osserva anche una ridotta variabilità delle sue deposizioni tra postazioni

extraurbane ed urbane (a meno di Fossamastra). I valori delle deposizioni delle campagne di bianco e quelli delle campagne con Centrale in funzione risultano molto contenuti e praticamente equivalenti tra loro.

Di seguito, sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard dei ratei di deposizione rilevati nelle postazioni, suddivise in urbane ed extra-urbane, nelle campagne di bianco (**P14 14/0, 17/2, 18/2, 19/1 e 19/3**) 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 dati anomali	Ratei esclusi dati anomali
		Rateo del B(a)P	Rateo del B(a)P
Bianco	P. Extra-urbane	5 \pm 5	5 \pm 5
	P. Fondo Urbano	11 \pm 12	11 \pm 12
	P. Urbane	6 \pm 6	6 \pm 6
	Fossamastra	21 \pm 24	21 \pm 24
Estate	P. Extra-urbane	8 \pm 12	6 \pm 5
	P. Fondo Urbano	8 \pm 5	8 \pm 5
	P. Urbane	12 \pm 13	11 \pm 12
	Fossamastra	26 \pm 19	26 \pm 19
Inverno	P. Extra-urbane	14 \pm 24	6 \pm 8
	P. Fondo Urbano	8 \pm 10	8 \pm 10
	P. Urbane	10 \pm 11	7 \pm 9
	Fossamastra	53 \pm 56	21 \pm 16

Tabella 12 - Ratei medi \pm Dev. St. del BaP, esclusi i valori di tab. 8. Valori in $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

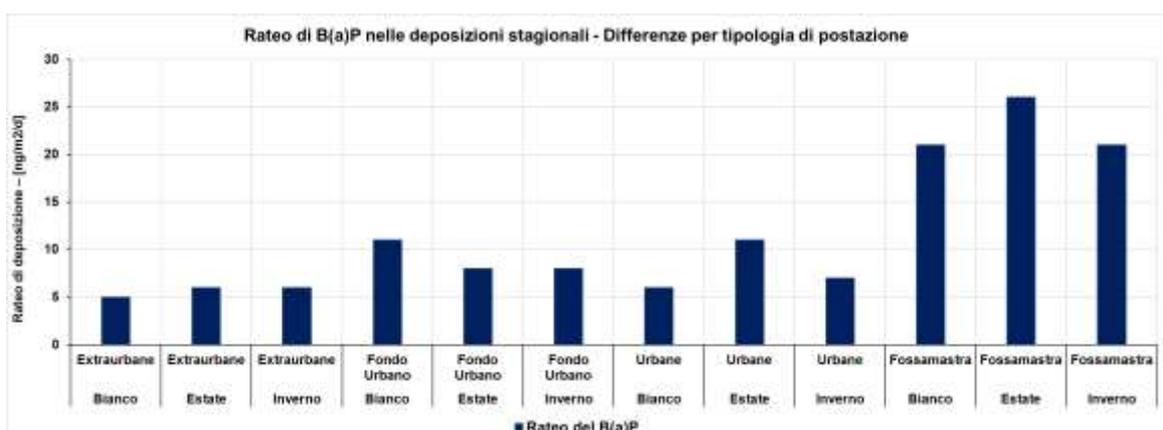


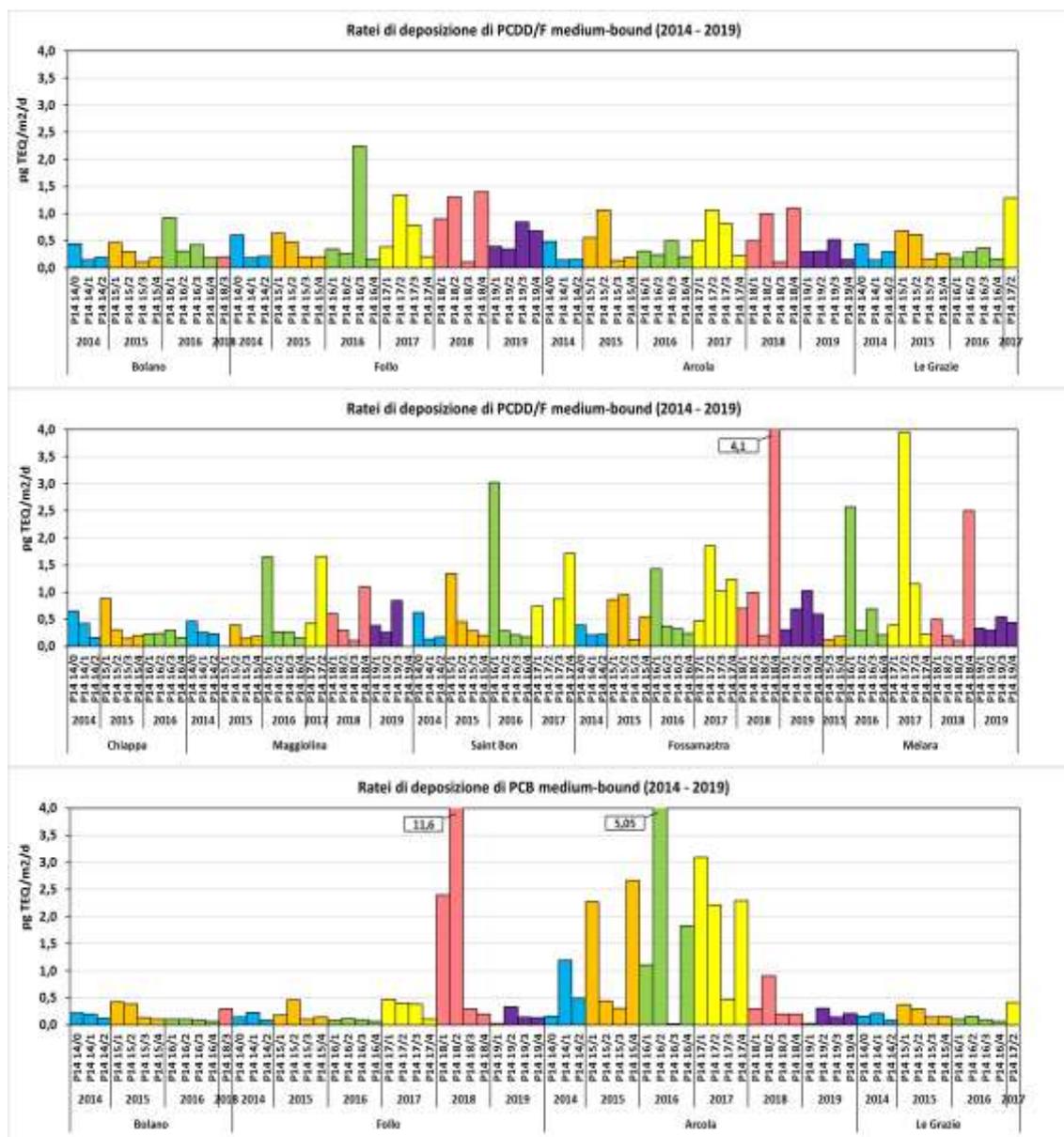
Figura 10 – Confronto tra i valori medi stagionali dei ratei di B(a)P nei differenti tipi di postazioni

Raggruppando le postazioni e considerando i dati depurati dei dati anomali di Tabella 8, si evidenzia ancora meglio la generale diffusione omogenea del BaP su tutta l'area della Spezia e la particolarità di Fossamastra. Come per gli IPA, i valori delle campagne di bianco sono confrontabili con quelli stagionali. Da notare che i dati evidenziano una

situazione di fondo paragonabile a quella di realtà con basse pressioni antropiche, ad eccezione di Fossamastra che presenta valori più elevati.

7.4 PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri

In Appendice A6.5 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. Le ultime due figure confrontano i ratei complessivi di PCDD/F e PCB dal 2014 al 2019:



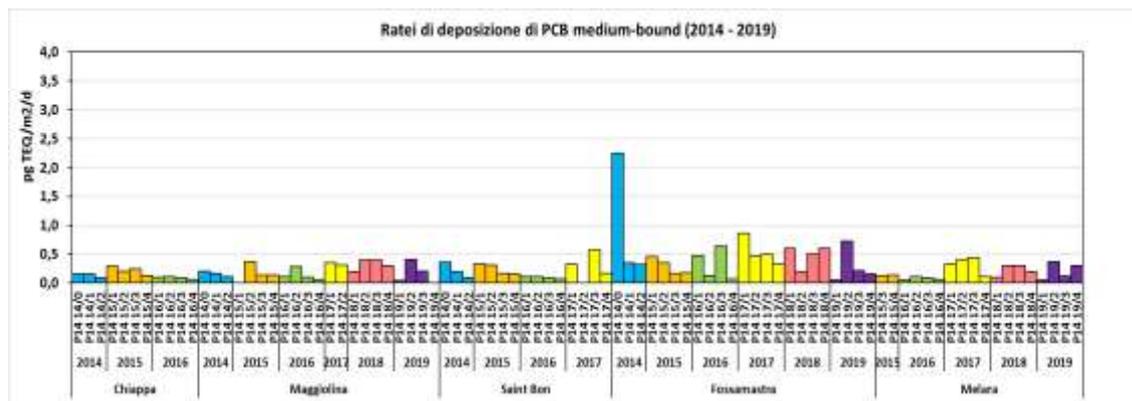


Figura 11 – Confronto dei ratei di deposizione medi di PCDD/F e PCB dl nelle campagne 2014-2019.

I ratei complessivi delle deposizioni di PCDD/F e PCB sono mostrati nelle figure che seguono:

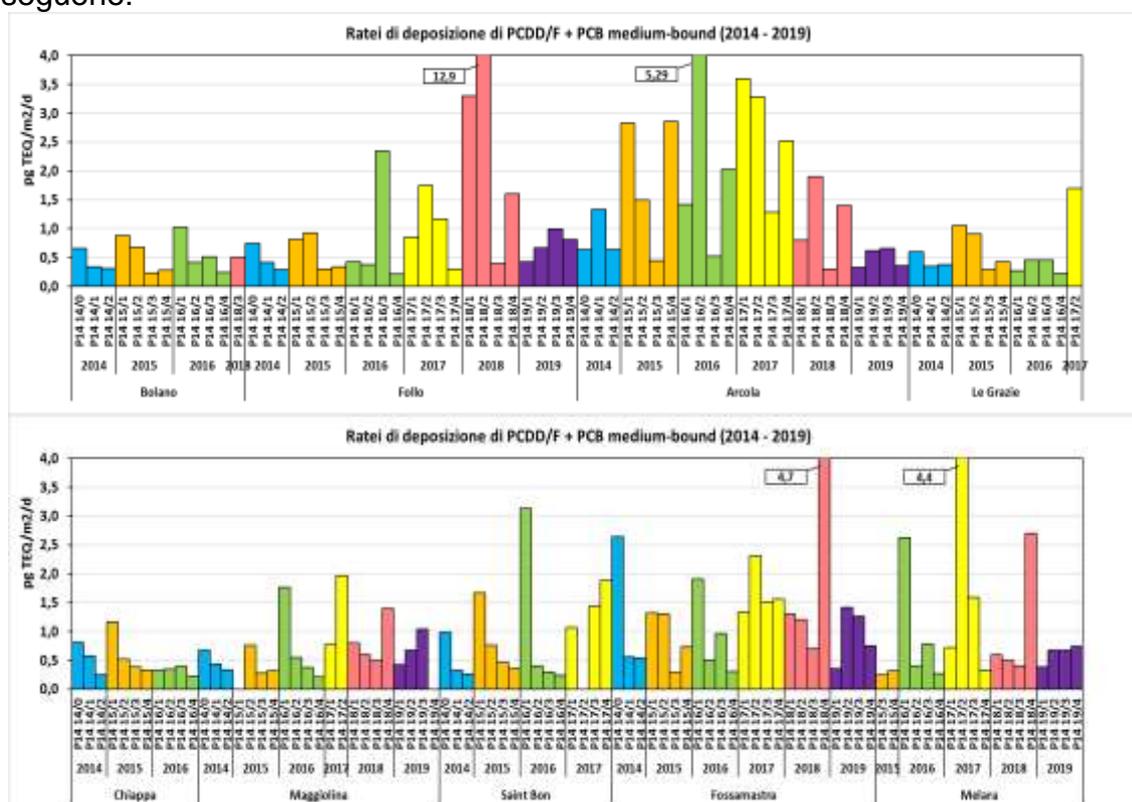


Figura 12 – Ratei di deposizione medi di sommatoria di PCDD/F e PCB nelle campagne 2014-2019.

Dalle figure precedenti si notano alcuni ratei di deposizione di PCDD/F e PCB elevati rispetto al normale andamento 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 $1 \text{ pg TEQ/m}^2/\text{d}$ in presenza di un evento noto estemporaneo (abbruciamenti, incendi, etc..) locale.

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**.

Durante la campagna **P14 17/2** si è misurato inoltre un insolito incremento delle deposizioni di PCDD/F, difficilmente rappresentativo di una campagna di bianco, particolarmente accentuato nelle postazioni di Arcola, Fossamastra, Melara e Follo (v.cap.5), tali dati non sono stati considerati nelle elaborazioni stagionali (v. Tabella 13). Nel 2018, invece, si sono riscontrati dei valori molto elevati a Follo di PCB (fino a 11,6 pg TEQ/m²/d nella campagna di bianco **P14 18/2**, tale valore appare estremamente anomalo per la postazione ed induce a ritenere sia dovuto a cause di abbruciamenti di materiali plastici. È opportuno ricordare che tale campagna è stata caratterizzata da forti venti che possono aver portato a risollevarsi di polveri.

Per quanto riguarda la postazione di **Arcola**, risulta evidente che le elevate deposizioni di **PCB**, sempre associate a quelle del Pb, avvengono in maniera estemporanea plausibilmente a causa di una sorgente locale come discusso nei precedenti rapporti.

Da quanto sopra riportato, 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, 17/2** in cui si sono avuti i ratei anomali per la pressione locale descritta nel documento prot. Arpal 0037531 del 20/12/2018:

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)
P14 17/2	bianco	• Non individuato (v. anche par. 5)	Campagna di "bianco". Esclusi i ratei di PCDD/F in tutte le postazioni per l'anomalia dei dati.
P14 18/2	bianco	• Follo: alto anomalo PCB ma anche di PCDD/F	Esclusa deposizione di Follo per PCB (11,6 pg TEQ/m ² /d)

Tabella 14 - 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	0,66	0,44	0,22	0,66
	Estate	0,20±0,10	0,14±0,08	0,34±0,12	0,20±0,10	0,14±0,08	0,34±0,12
	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	0,89±0,42	2,46±5,11	3,36±5,36	0,89±0,42	0,18±0,16	1,04±0,51
	Estate	0,49±0,69	0,19±0,12	0,68±0,69	0,27±0,22	0,19±0,12	0,43±0,32
	Inverno	0,52±0,22	0,55±0,83	1,07±1,01	0,52±0,22	0,55±0,83	1,07±1,01
Arcola	Bianco	0,67±0,34	0,69±0,92	1,36±1,23	0,67±0,34	0,31±0,40	0,92±0,61
	Estate	0,28±0,23	0,83±0,89	1,11±0,86	0,28±0,23	0,30±0,18	0,48±0,35
	Inverno	0,47±0,30	1,78±1,81	2,26±1,75	0,38±0,17	0,32±0,12	0,46±0,19
Le Grazie	Bianco	0,86±0,60	0,29±0,18	1,15±0,78	0,86±0,60	0,29±0,18	1,15±0,78
	Estate	0,23±0,09	0,12±0,06	0,35±0,09	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±0,13	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 (*)	0,73±0,56	0,23±0,13	0,94±0,62	0,50±0,24	0,23±0,13	0,94±0,62
	Estate	0,20±0,06	0,19±0,14	0,39±0,14	0,20±0,06	0,19±0,14	0,39±0,14
	Inverno	0,67±0,56	0,26±0,11	0,93±0,48	0,42±0,14	0,26±0,11	0,60±0,29
Saint Bon	Bianco (*)	0,62	0,36	0,98	0,62	0,36	0,98
	Estate	0,29±0,26	0,19±0,17	0,48±0,43	0,29±0,26	0,19±0,17	0,48±0,43
	Inverno	1,17±1,11	0,24±0,12	1,41±1,07	0,49±0,22	0,24±0,12	0,53±0,38
Fossamastra	Bianco	0,92±0,62	0,64±0,91	1,55±0,92	0,92±0,62	0,23±0,17	1,10±0,80
	Estate	0,40±0,30	0,38±0,22	0,78±0,44	0,40±0,30	0,38±0,22	0,78±0,44
	Inverno	0,77±0,36	0,44±0,26	1,20±0,46	0,66±0,22	0,44±0,26	1,00±0,40
Melara	Bianco	1,26±1,80	0,22±0,16	1,48±1,93	0,36	0,22±0,16	0,49±0,13
	Estate	0,39±0,39	0,22±0,15	0,61±0,48	0,39±0,39	0,22±0,15	0,61±0,48
	Inverno	0,84±0,97	0,18±0,13	1,02±0,91	0,41±0,09	0,18±0,13	0,50±0,29

Tabella 15 – Ratei medi stagionali ± Dev. St. per PCDD/F e PCB. (#) – Eliminati dati anomali di PCDD/F e PCB. Valori in pg TEQ/m²/d. (*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabile.

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 14 -). Considerando anche i dati anomali, le deposizioni totali di PCDD/F e PCB non superano i 4 pg TEQ/m²/d come media annuale in tutte le postazioni ad eccezione di Follo nel 2018 per l'elevato valore di PCB verificatosi nella campagna **P14 18/2** e di Melara, per il dato di PCDD/F della campagna di bianco **P14 17/2**, decisamente poco rappresentativo e del tutto localizzato (si veda rapporto Arpal prot. nr. 38264 del 28/12/18).

Facendo riferimento ai ratei di deposizione depurati dei dati anomali e tenendo conto della loro variabilità, si evidenzia una ridotta differenza tra le postazioni urbane ed extraurbane a parità di stagione. Si coglie tuttavia una dipendenza sistematica della stagionalità con valori maggiori in inverno e minori in estate, generalizzato in quasi tutte le postazioni esclusa la postazione di Melara e di Arcola.

I ratei delle campagne di bianco, per le postazioni con più dati e quindi ritenuti più rappresentativi, sono confrontabili e in alcuni casi maggiori di quelli stagionali.

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 nelle campagne di bianco (**14/0**, **17/2**, **18/2**, **19/1** e **19/3**) 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 parte sinistra della tabella riporta i ratei medi stagionali **inclusi** dei dati anomali indicati in Tabella 14 - 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	0,83±0,42	1,64±4,03	2,47±4,24	0,83±0,42	0,21±0,14	1,02±0,51
	P. Fondo Urbano (*)	0,65	0,16	0,81	0,65	0,16	0,81
	P. Urbane	0,93±1,14	0,24±0,14	1,16±1,22	0,46±0,21	0,24±0,14	0,76±0,48
	Fossamastra	0,92±0,62	0,64±0,91	1,55±0,92	0,92±0,62	0,23±0,17	1,10±0,80
Estate	Arcola	0,67±0,34	0,69±0,92	1,36±1,23	0,67±0,34	0,31±0,40	0,92±0,61
	P. Extra-urbane	0,33±0,45	0,16±0,10	0,48±0,46	0,24±0,15	0,16±0,10	0,38±0,21
	P. Fondo Urbano	0,23±0,11	0,13±0,06	0,36±0,13	0,23±0,11	0,13±0,06	0,36±0,13
	P. Urbane	0,29±0,27	0,20±0,15	0,49±0,36	0,29±0,27	0,20±0,15	0,49±0,36
Inverno	Fossamastra	0,40±0,30	0,38±0,22	0,78±0,44	0,40±0,30	0,38±0,22	0,78±0,44
	Arcola	0,28±0,23	0,83±0,89	1,11±0,86	0,28±0,23	0,30±0,18	0,48±0,35
	P. Extra-urbane	0,49±0,23	0,38±0,58	0,88±0,72	0,46±0,21	0,38±0,58	0,82±0,74
	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
Inverno	P. Urbane	0,89±0,87	0,23±0,12	1,12±0,82	0,43±0,14	0,23±0,12	0,54±0,30
	Fossamastra	0,77±0,36	0,44±0,26	1,20±0,46	0,66±0,22	0,44±0,26	1,00±0,40
	Arcola	0,47±0,30	1,78±1,81	2,26±1,75	0,38±0,17	0,32±0,12	0,46±0,19

Tabella 16 – 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.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

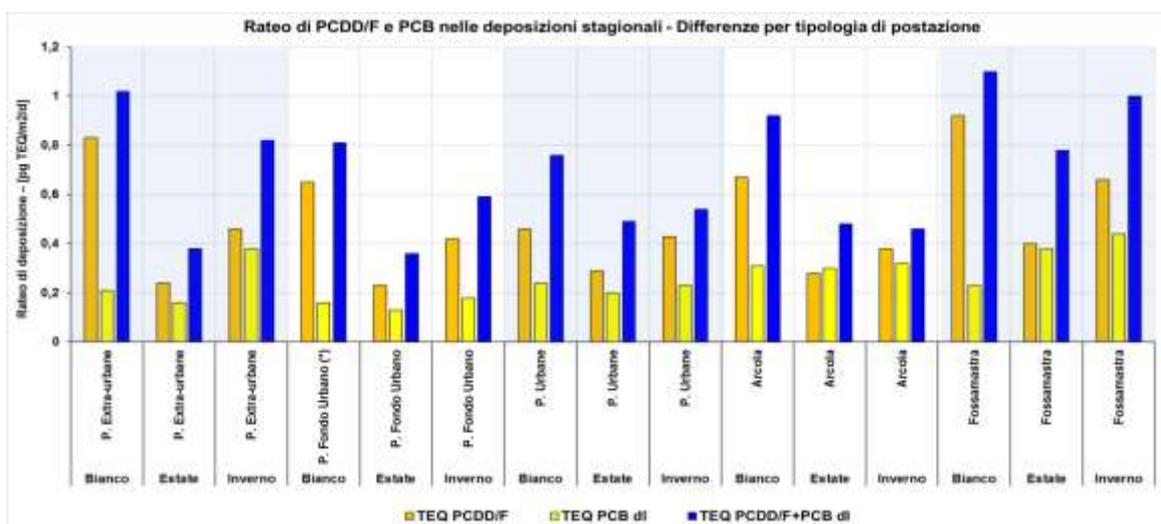


Figura 13 – Confronto tra i valori medi stagionali dei ratei PCDD/F e PCB nei differenti tipi di postazioni. (*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabile

Dalla tabella e dal grafico precedente si evidenzia quanto segue:

- le deposizioni invernali e quelle estive sono risultate di valori estremamente modesti, eccetto i casi anomali evidenziati in precedenza;
- in tutte le postazioni il rateo medio invernale di PCDD/F risulta fino al doppio di quello estivo;

- i valori di PCDD/F e di PCB invernali nella postazione di fondo urbano (Chiappa) sono mediamente simili a quelli misurati nelle postazioni extraurbane;
- ad Arcola il confronto stagionale del rateo di PCB è meno evidente, per la estemporaneità delle deposizioni.

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 – 2019 sono riportati in appendice A6.6. Nei grafici che seguono sono presentati i risultati delle deposizioni di nitrati e solfati non marini e quelle di sodio e cloro nei sei anni di monitoraggio.

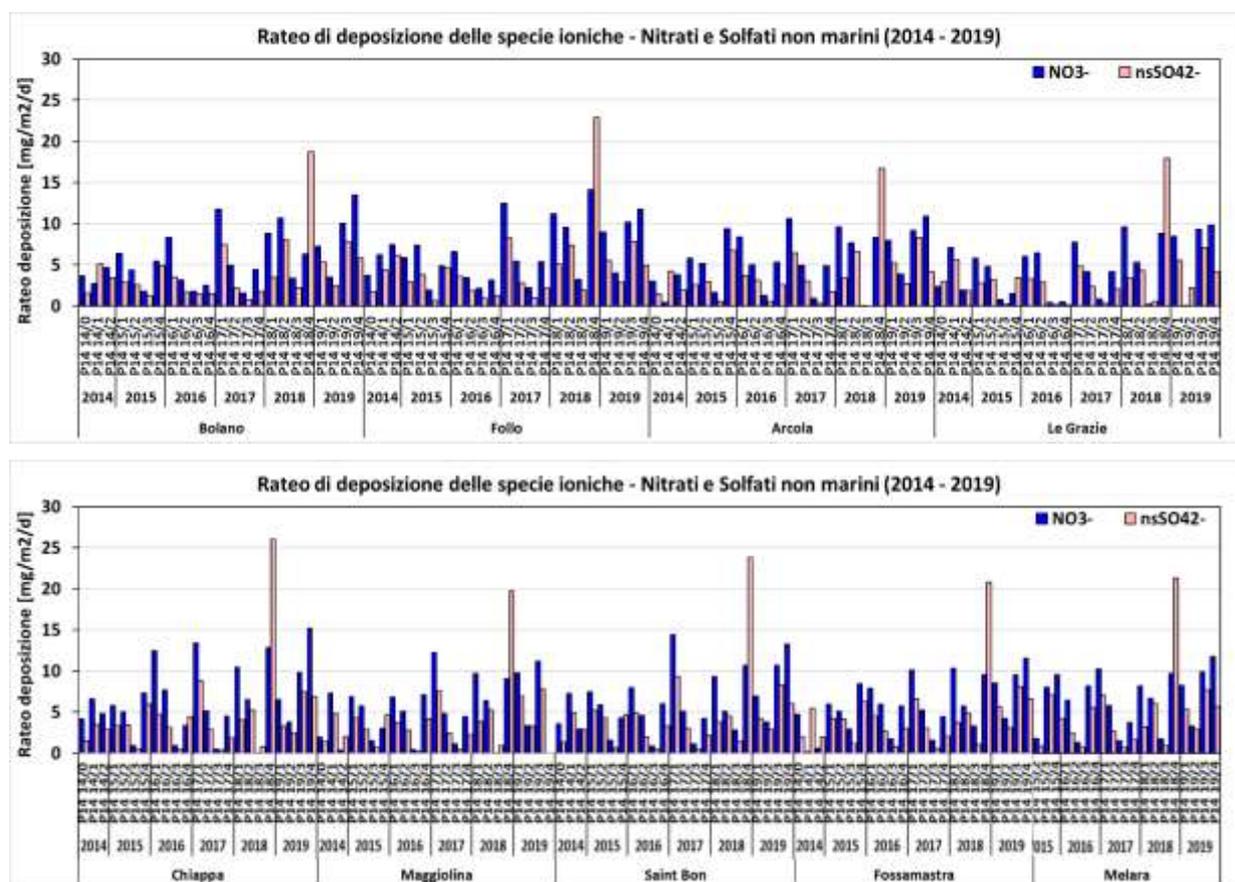


Figura 14 - Ratei di deposizione di nitrati e solfati non marini (v. testo) nel 2014-2019. Valori in $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$.

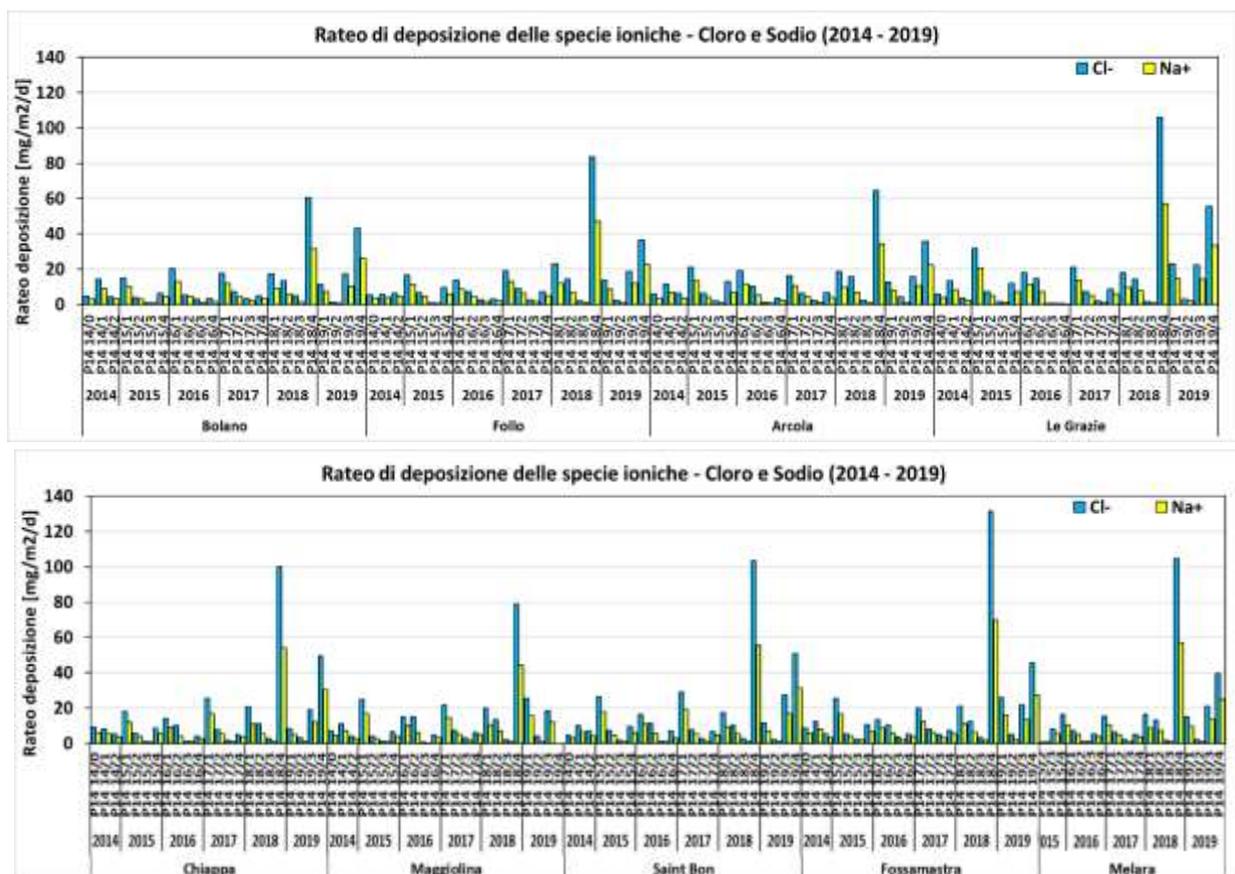


Figura 15 - Ratei di deposizione di cloruri e sodio nel 2014-2019. Valori in $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$.

Nella tabella che segue sono riassunti i risultati di deposizione delle specie ioniche dei sei 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 dagli eventi di sfalco. I valori sono espressi in $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$:

Media ± Dev. St. (mg/m ² /d)		Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nsSO ₄ ²⁻
Bolano	Bianco	5,6±3,5	6,2±2,8	1,1±0,6	1,3±1,1	1,4±1,3	10,7±4,9	7,3±3,1	6,5±3,6	5,0±3,0
	Estate	3,6±1,7	2,6±2,6	0,6±0,3	1,3±1,3	0,8±0,4	4,6±4,1	3,0±1,3	3,2±2,1	2,6±1,6
	Inverno	4,7±3,0	11,1±7,6	1,5±1,2	1,5±1,5	1,4±0,9	17,5±12,9	8,0±3,8	6,3±3,4	3,9±2,0
Follo	Bianco	4,2±2,5	7,3±3,2	1,0±0,4	0,7±0,4	2,9±2,4	12,2±5,2	7,6±2,8	6,7±3,4	5,0±2,7
	Estate	3,0±1,4	2,4±1,8	0,4±0,2	0,3±0,1	0,6±0,7	3,9±2,8	3,9±1,9	3,2±2,3	2,6±2,0
	Inverno	4,0±2,5	10,9±6,3	1,2±0,8	0,8±0,4	1,9±1,1	17,5±10,2	8,4±3,4	6,8±3,0	4,3±2,0
Arcola	Bianco	4,7±2,5	6,6±2,9	0,9±0,4	0,8±0,3	1,6±1,06	11,1±4,9	6,6±2,5	6,5±3,4	4,9±2,7
	Estate	3,0±2,4	2,7±2,4	0,5±0,5	0,3±0,2	0,5±0,6	5,1±4,3	3,0±3,0	2,9±2,8	2,4±2,2
	Inverno	4,0±1,3	10,9±6,0	1,3±0,7	1,1±0,6	1,7±1,1	18,2±9,4	7,9±2,6	6,3±2,0	3,7±1,3
Le Grazie	Bianco	4,5±1,8	9,0±5,1	1,3±0,6	0,9±0,5	1,6±1,8	14,6±8,1	5,9±2,9	6,5±3,0	4,5±1,9
	Estate	1,9±1,3	2,6±3,0	0,4±0,4	0,3±0,2	0,3±0,4	4,2±4,8	1,5±2,2	2,2±2,5	1,6±1,9
	Inverno	3,3±1,5	14,3±9,7	1,7±1,2	0,9±0,3	1,4±0,8	23,7±15,8	7,2±1,9	6,8±2,5	3,5±0,7
Chiappa	Bianco	3,3±1,6	6,6±3,0	0,9±0,35	0,7±0,2	1,7±1,5	10,9±4,7	6,4±2,2	5,6±2,9	4,1±2,3
	Estate	2,0±1,3	2,4±2,0	0,4±0,2	1,0±0,9	1,8±4,0	3,8±2,8	3,1±2,7	2,9±2,4	2,4±2,0
	Inverno	3,2±1,4	12,3±9,1	1,4±1,1	0,9±0,4	2,6±2,6	20,4±14,4	10,0±3,9	7,8±3,8	4,9±2,1
Maggiolina	Bianco	5,2±2,1	8,8±4,8	1,3±0,63	1,1±0,5	1,64±1,64	14,3±7,8	6,8±3,7	6,8±3,8	4,7±2,8
	Estate	2,8±2,1	2,4±2,1	0,4±0,3	0,7±0,6	0,5±0,6	4,0±3,2	2,7±2,8	2,9±2,3	2,4±1,9
	Inverno	4,4±1,6	9,9±5,1	1,2±0,5	0,7±0,3	1,3±1,1	16,6±7,2	7,7±2,7	6,5±2,5	4,2±1,8
Saint Bon	Bianco	6,4±1,8	7,5±5,3	1,3±0,9	1,2±0,9	3,0±1,9	12,3±8,8	6,3±2,7	6,0±3,8	4,3±2,6
	Estate	4,0±2,5	2,8±2,2	0,6±0,4	0,7±0,4	0,5±0,6	4,8±3,6	3,4±2,2	3,1±2,2	2,4±1,7
	Inverno	8,4±3,5	14,0±9,4	2,0±1,2	1,4±0,8	2,7±1,7	22,6±14,6	9,0±3,7	8,2±3,8	5,1±2,3
Fossamastra	Bianco	12,0±8,2	9,4±4,9	1,7±0,9	0,7±0,1	1,2±0,9	15,3±8,0	6,7±2,1	6,8±3,3	4,7±2,4
	Estate	5,8±4,7	3,5±2,2	0,7±0,5	0,3±0,1	0,3±0,4	5,8±3,4	3,2±2,7	3,4±2,5	2,6±2,1
	Inverno	13,8±4,0	12,1±8,0	2,3±1,5	0,7±0,3	1,0±0,9	20,1±13,2	8,1±2,6	7,4±3,0	4,6±1,5
Melara	Bianco (*)	5,7±3,4	8,7±3,8	1,5±0,7	1,1±1,0	2,6±0,5	13,9±6,0	7,7±1,8	7,4±2,9	5,4±2,1
	Estate	2,8±2,3	1,9±1,8	0,5±0,6	0,3±0,3	0,7±0,8	2,9±2,6	3,7±3,1	3,1±3,0	2,7±2,7
	Inverno	4,2±1,9	11,7±7,5	1,5±1,0	0,9±0,4	2,2±1,1	18,9±12,1	9,3±2,0	7,1±3,0	4,5±1,8

Tabella 17 – Ratei stagionali delle deposizioni di specie ioniche nel 2014-2019. (*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabile. Valori in mg/m²/d.

Dalla tabella precedente emerge quanto segue:

- Le deposizioni di solfati e nitrati, confrontabili tra le postazioni extraurbane ed urbane, sono maggiori nella stagione invernale rispetto a quella estiva. I valori di bianco inoltre sono paragonabili a quelli della stagione invernale;
- ad esclusione di poche eccezioni (K⁺ a Bolano, Chiappa e Maggiolina), il rateo medio invernale delle specie ioniche risulta maggiore di quello estivo per tutte le postazioni, probabilmente legato a fattori meteorologici;
- la concentrazione di Ca²⁺ a Fossamastra risulta più alta rispetto a quella di tutte le altre postazioni con valori quasi raddoppiati nella stagione invernale; anche il valore delle campagne di bianco è molto simile al valore medio delle campagne invernali.

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	4,8±2,5	7,3±3,5	1,1±0,5	0,9±0,7	1,9±1,7	12,1±5,7	6,8±2,7	6,5±3,1	4,8±2,4	
	P. Fondo Urbano	3,3±1,6	6,6±3,0	0,87±0,35	0,7±0,2	1,7±1,5	10,9±4,7	6,4±2,2	5,6±2,9	4,1±2,3	
	P. Urbane	5,8±2,3	8,3±4,4	1,4±0,7	1,1±0,8	2,4±1,5	13,5±7,2	6,9±2,8	6,7±3,3	4,8±2,4	
	Fossamastra	12,0±8,2	9,4±4,9	1,7±0,9	0,7±0,1	1,2±0,9	15,3±8,0	6,7±2,1	6,8±3,3	4,7±2,4	
Estate	P. Extra-urbane	2,9±1,8	2,6±2,4	0,4±0,4	0,5±0,8	0,5±0,5	4,4±3,9	2,9±2,3	2,9±2,4	2,3±1,9	
	P. Fondo Urbano	2,0±1,3	2,4±2,0	0,4±0,2	1,0±0,9	1,8±4,0	3,8±2,8	3,1±2,7	2,9±2,4	2,4±2,0	
	P. Urbane	3,3±2,3	2,4±2,0	0,5±0,4	0,6±0,5	0,5±0,6	4,0±3,2	3,2±2,6	3,0±2,4	2,5±2,0	
	Fossamastra	5,8±4,7	3,5±2,2	0,7±0,5	0,3±0,1	0,3±0,4	5,8±3,4	3,2±2,7	3,4±2,5	2,6±2,1	
Inverno	P. Extra-urbane	4,0±2,1	11,8±7,3	1,4±1,0	1,1±0,8	1,6±0,9	19,2±11,9	7,9±2,9	6,6±2,6	3,9±1,6	
	P. Fondo Urbano	3,2±1,4	12,3±9,1	1,4±1,1	0,9±0,4	2,6±2,6	20,4±14,4	10,0±3,9	7,8±3,8	4,9±2,1	
	P. Urbane	5,9±3,2	12,0±7,4	1,6±1,0	1,0±0,6	2,1±1,4	19,6±11,5	8,6±2,9	7,4±3,1	4,6±1,9	
	Fossamastra	13,8±4,0	12,1±8,0	2,3±1,5	0,7±0,3	1,0±0,9	20,1±13,2	8,1±2,6	7,4±3,0	4,6±1,5	

Tabella 18 - Ratei stagionali delle deposizioni di specie ioniche nel 2014-2019 per tipologia di postazione. Valori in mg/m²/d.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

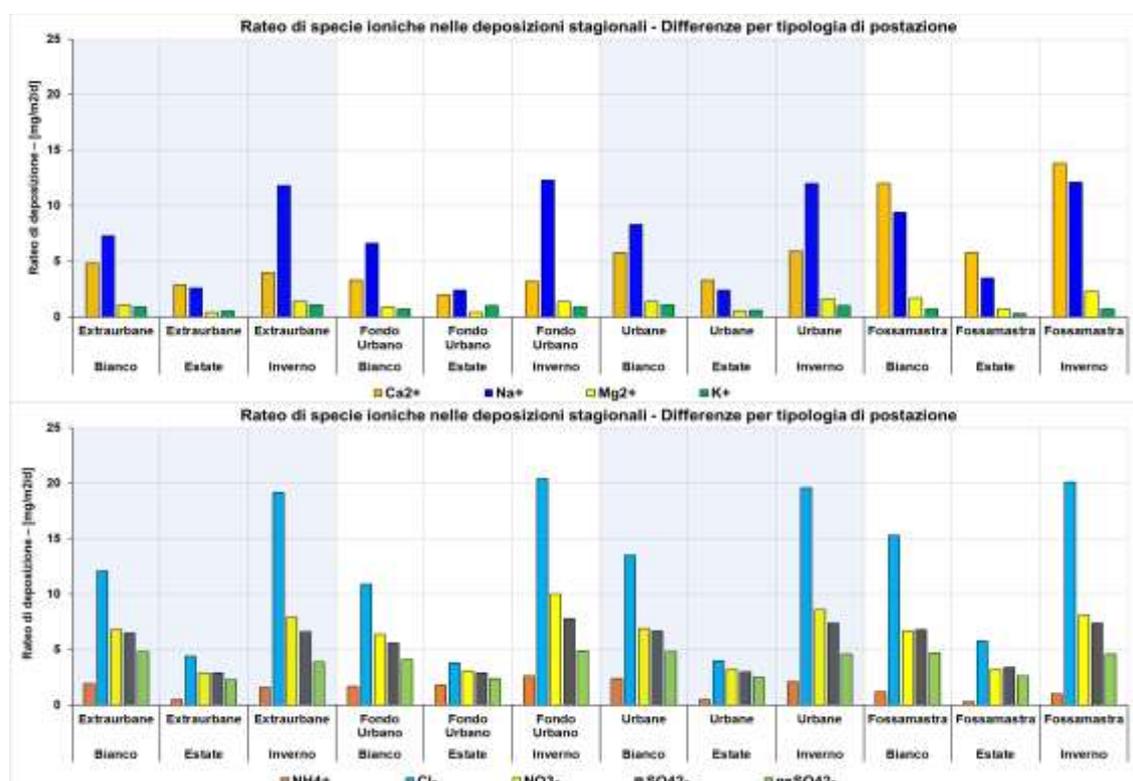


Figura 16 – Confronto tra i valori medi stagionali dei ratei delle specie ioniche nei differenti tipi di postazioni

Dalla tabella e dal grafico precedenti si evidenzia che:

- il rateo medio di deposizione delle specie ioniche è abbastanza confrontabile tra differenti tipologie di postazione per ogni stagione a meno del K⁺ e NH₄⁺ nella postazione di fondo urbano e del Ca²⁺ a Fossamastra, probabilmente influenzati da differenti pressioni locali;
- salvo poche eccezioni, in tutte le postazioni i ratei medi invernali sono circa il doppio di quelli estivi, in quanto, come detto precedentemente, la deposizione di

specie ioniche avviene prevalentemente per via umida e quindi è correlata all'entità delle precipitazioni;

- il rateo medio delle campagne di bianco è confrontabile a quello delle campagne invernali.

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 al 2019 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 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 completezza di informazione, si riportano nel prospetto che segue i periodi delle campagne di PM₁₀:

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
P14 17/1	19/01 – 22/02/17	Campagna di monitoraggio invernale
P14 17/2	04/05 - 25/05/17	Campagna di monitoraggio primaverile/"bianco"
P14 17/3	29/06 - 02/08/17	Campagna di monitoraggio estiva
P14 17/4	10/10 - 09/11/17	Campagna di monitoraggio autunnale
P14 18/1	18/01 - 22/02/19	Campagna di monitoraggio invernale
P14 18/2	29/03 - 26/04/19	Campagna di monitoraggio primaverile/"bianco"
P14 18/3	28/06 - 02/08/19	Campagna di monitoraggio estiva
P14 18/4	11/10 - 14/11/19	Campagna di monitoraggio autunnale
P14 19/1	14/03 - 18/04/19	Campagna di monitoraggio primaverile/"bianco"
P14 19/2	20/06 - 24/07/19	Campagna di monitoraggio estiva
P14 19/3	08/10 - 04/11/19	Campagna di monitoraggio autunnale/"bianco"
P14 19/4	07/11 - 11/12/19	Campagna di monitoraggio invernale

Tabella 19 - Campagne eseguite per la prescrizione 14.

Anche per il PM₁₀ le previste campagne primaverili **P14 17/2, 18/2, 19/1** e autunnale **19/3** in conseguenza del fermo dell'impianto della CTE sono diventate di fatto campagne di bianco.

Nella figura che segue sono riportati gli andamenti temporali del PM₁₀ a Chiappa, Le Grazie e Follo nelle campagne di monitoraggio 2014-2019. I campioni giornalieri gestiti direttamente da ARPAL sono evidenziati con sfondo rosso.

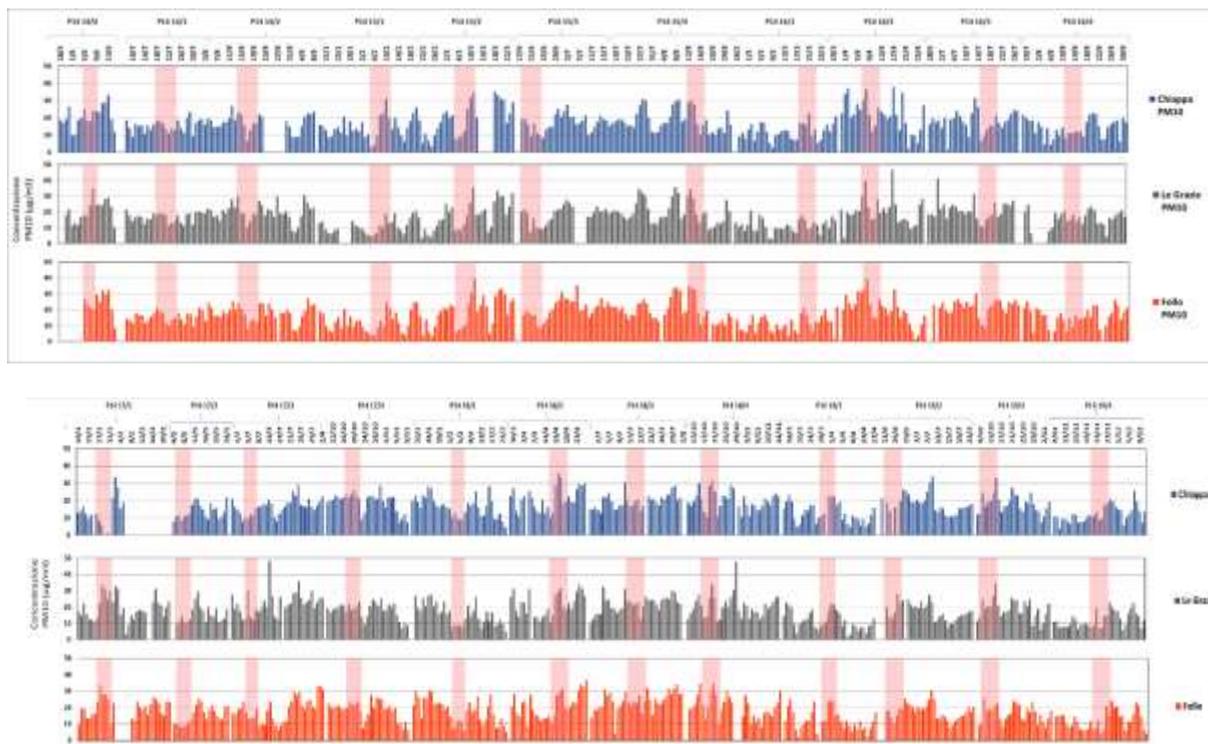


Figura 17 - Andamento temporale di PM₁₀ nelle campagne 2014 - '19.

Dalla figura precedente si può notare come gli andamenti di PM₁₀ nelle tre postazioni aggiuntive siano molto coerenti tra di loro con una certa continuità anche nei periodi gestiti da Laboratori diversi durante i vari anni di monitoraggio.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri statistici che descrivono i dati di PM₁₀ misurati in ciascuna postazione nel corso delle campagne effettuate dal 2014 al 2019 con i valori medi e deviazione standard riportati per ciascun anno:

Postazione	PM10		
	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
2017	16,1 ± 5,5	19,0 ± 6,1	18,8 ± 6,0
2018	19,2 ± 5,9	19,9 ± 7,0	20,9 ± 7,4
2019	15,2 ± 6,1	14,8 ± 6,3	14,6 ± 6,0

Tabella 20 – Sintesi dei dati di PM₁₀ a Chiappa, Le Grazie e Follo nel 2014-2019.

Si segnala che nel 2014 sono state eseguite solo le tre campagne estive, ma il dato medio è compatibile con quello degli anni 2015 e 2016 nei quali sono state effettuate due campagne estive e due invernali e con quello degli anni 2017 -19 nel quale è stata effettuata una campagna per ciascuna stagione. Nel 2019, si rileva una lieve diminuzione della concentrazione media del PM₁₀, risultata complessivamente contenuta nei diversi anni di monitoraggio. Nelle tre postazioni inoltre non si sono mai avuti superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ previsto dalla normativa.

La tabella seguente confronta i **valori medi** delle concentrazioni di PM₁₀ (± 1 deviazione standard) nelle campagne del 2014-2019 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. Sono state mantenute separate le campagne di bianco dalle altre:

<i>Media \pm Dev. St. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>					
Postazione	Tipologia	Campagne di bianco	Campagne invernali	Campagne estive	Campagne autunnali
Chiappa	fondo-urbana	17 \pm 7	16 \pm 8	17 \pm 5	20 \pm 5
Le Grazie	extra-urbana	17 \pm 7	15 \pm 8	19 \pm 6	19 \pm 6
Follo	extra-urbana	17 \pm 7	16 \pm 8	19 \pm 6	20 \pm 7
Maggiolina	urbana	20 \pm 8	22 \pm 11	21 \pm 6	21 \pm 6
Saint Bon	urbana	19 \pm 7	18 \pm 8	21 \pm 7	17 \pm 6
Fossamastra	urbana	19 \pm 7	21 \pm 10	22 \pm 7	21 \pm 5

Tabella 21 - Confronto tra i valori medi di PM₁₀ nei cinque anni di monitoraggio. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nei sei anni di monitoraggio, si nota una invarianza stagionale dei valori medi di PM₁₀ risultati lievemente maggiori nelle tre postazioni urbane della RQA rispetto alle tre aggiuntive, meno influenzate da pressioni antropiche.

E' possibile raggruppare le postazioni per tipologia, ovvero:

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

Nella tabella che segue sono riassunti i valori medi delle concentrazioni di PM₁₀ ± 1 deviazione standard rilevati nelle postazioni (suddivise per tipologia) nelle campagne di bianco (campagna **P14 14/0**, **17/2**, **18/2**, **19/1** e **19/3**) e nelle campagne estive, invernali e autunnali della prescrizione P14, con le convenzioni sopra riportate.

<i>Media \pm Dev. St. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>				
Tipo postazione	Campagne di bianco	Campagne invernali	Campagne estive	Campagne autunnali
P. Extra-urbane	17 \pm 7	16 \pm 8	19 \pm 6	20 \pm 6
P. Fondo Urbano	17 \pm 7	16 \pm 8	17 \pm 5	20 \pm 5
P. Urbane	19 \pm 7	21 \pm 10	21 \pm 6	19 \pm 6

Tabella 22 - 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 in tutte le stagioni;
- le differenze stagionali per ogni tipologia di postazione e tra diverse tipologie, tenuto conto della variabilità dei dati, risultano molto contenute.

La scarsa variabilità nei valori medi di PM₁₀ tra le stagioni può dipendere dal fatto che, probabilmente la differenza di pressione antropica tra le stagioni è dovuta quasi esclusivamente al riscaldamento urbano, che nel comprensorio della Spezia 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) nei sei anni 2014-2019 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 PM ₁₀ - periodo 2014 – 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
Postazione	inverno (dic-gen-feb)	primavera (mar-apr-mag)	estate (giu-lug-ago)	autunno (set-ott-nov)
Maggiolina	21 \pm 11	21 \pm 8	21 \pm 6	21 \pm 6
Fossamastra	21 \pm 10	20 \pm 8	22 \pm 7	20 \pm 6
Saint Bon	17 \pm 8	20 \pm 9	21 \pm 6	17 \pm 6
Viale Amendola	20 \pm 8	20 \pm 9	18 \pm 5	21 \pm 6
San Cipriano (*)	20 \pm 10	22 \pm 9	22 \pm 9	23 \pm 7

Tabella 23 - Confronto tra i valori medi di PM₁₀ nelle diverse stagioni e postazioni della RQA di Spezia nel 2014-2019. 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 e le stagioni negli anni 2014-2019. Ne consegue che i valori medi di concentrazione sono tutti equivalenti entro la deviazione standard nelle diverse postazioni e stagioni.

7.6.1 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/m³;
- Cadmio: 5 ng/m³;
- Nickel: 20 ng/m³;
- Piombo: 500 ng/m³;
- Benzo(a)pirene: 1,0 ng/m³.

7.6.1.1 Contenuto di metalli nel PM₁₀

Nel prospetto seguente sono indicati i campioni con anomalie e le campagne di riferimento:

Campagna	Stagione	Evento anomalo	Note
P14 14/0 (bianco)	estate	• Fossamastra: elevato valore di concentrazione di Pb in data 12/06/2014 non associabile ad evento noto	Dato di concentrazione di Pb escluso nella media della campagna di bianco
P14 16/4	estate	• Le Grazie: elevato valore di concentrazione di Pb in data 31/07/2016 • Chiappa: elevato valore di concentrazione di Pb in data 30/08/2016	Dato di concentrazione di Pb a Le Grazie e a Chiappa escluso nella media estiva
P14 17/3	estate	• Amendola: elevati valori di Pb in date 08/07/2017 e 26/07/2017	Dati di concentrazione di Pb ad Amendola esclusi nella media estiva
P14 17/4	autunno	• Le Grazie: elevato valore di concentrazione di As in data 18/10/2017	Dato di concentrazione di As a Le Grazie escluso nella media estiva
P14 19/2	estate	• Fossamastra: elevato valore di concentrazione di Pb in data 04/07/2019	Dato di concentrazione di Pb escluso nella media estiva
P14 19/3	autunno/bianco	• Le Grazie: elevato valore di concentrazione di Ni in data 01/11/2019	Dato di concentrazione di Ni escluso nella media della campagna di bianco
P14 19/4	inverno	• Amendola: elevato valore di concentrazione di Pb in data 07/12/2019	Dato di concentrazione di Pb escluso nella media invernale
P14 19/4	inverno	• Maggiolina: elevato valore di concentrazione di Pb in data 07/12/2019	Dato di concentrazione di Pb escluso nella media invernale

Tabella 24– Campagne con concentrazioni dei metalli di PM₁₀ con valori anomali.

La tabella che segue riassume le **concentrazioni medie** stagionali dei metalli, in **ng/m³**, analizzati nel PM₁₀ nelle postazioni aggiuntive e in quelle della RQA della Spezia nel corso delle campagne effettuate dal 2014 al 2019 e nella campagna di bianco, escludendo solo Cr e V in quanto determinati solo nelle postazioni aggiuntive. Per quanto riguarda il Pb e il Ni, per massima completezza, la colonna di sinistra riporta le medie di tutti i dati, mentre quella di destra le medie elaborate escludendo i dati anomali.

Media ± Dev. St. (ng/m ³)		As		Cd	Ni		Pb	
		Tutti i dati	Esclusi anomali		Tutti i dati	Esclusi anomali	Tutti i dati	Esclusi anomali
Follo (extraurbana)	Bianco	1,0±0,1	1,0±0,1	0,8±0,2	1,7±1,1	1,7±1,1	2,2±1,2	2,2±1,2
	Estate	1,0±0,1	1,0±0,1	0,9±0,2	3,1±2,3	3,1±2,3	2,1±1,5	2,1±1,5
	Autunno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	0,7±0,3	2,1±2,9	2,1±2,9	1,9±1,9	1,9±1,9
	Inverno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	0,9±0,2	2,2±1,6	2,2±1,6	2,7±2,1	2,7±2,1
Le Grazie (extraurbana)	Bianco	1,0±0,1	1,0±0,1	0,9±0,2	4,8±10,5	2,6±2,2	3,5±2,5	3,5±2,5
	Estate	1,0±0,1	1,0±0,1	1,1±1,2	3,4±3,3	3,4±3,3	5,1±15,3	2,9±2,5
	Autunno	7,5±21,7	1,0±0,0(#)	0,7±0,3	1,7±0,9	1,7±0,9	3,3±3,5	3,3±3,5
	Inverno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	1,0±0,4	3,1±3,6	3,1±3,6	5,4±8,9	5,4±8,9
Chiappa (fondo urbano)	Bianco	1,0±0,1	1,0±0,1	0,9±0,2	2,0±1,6	2,0±1,6	2,5±1,7	2,5±1,7
	Estate	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,4	2,6±1,7	2,6±1,7	2,7±6,0	1,8±0,9
	Autunno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	0,7±0,3	1,4±0,9	1,4±0,9	1,5±1,1	1,5±1,1
	Inverno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	0,9±0,2	2,1±2,0	2,1±2,0	2,5±1,8	2,5±1,8
Maggiolina (urbana)	Bianco	1,0±0,2	1,0±0,2	0,8±0,2	3,6±3,6	3,6±3,6	2,9±2,0	2,9±2,0
	Estate	1,0±0,1	1,0±0,1	0,8±0,3	4,9±4,1	4,9±4,1	2,9±2,0	2,9±2,0
	Autunno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	3,2±1,6	3,2±1,6	3,2±1,1	3,2±1,1
	Inverno	1,1±0,2	1,1±0,2	0,9±0,2	2,4±1,5	2,4±1,5	4,8±11,3	2,9±1,8
Amendola (urbana)	Bianco	1,0±0,3	1,0±0,3	0,8±0,2	3,6±2,9	3,6±2,9	2,6±1,6	2,6±1,6
	Estate	0,9±0,2	0,9±0,2	0,7±0,3	4,1±2,2	4,1±2,2	4,1±6,1	2,7±1,9
	Autunno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	4,4±2,9	4,4±2,9	3,1±1,5	3,1±1,5
	Inverno	1,0±0,1	1,0±0,1	0,9±0,2	2,4±1,4	2,4±1,4	5,3±6,9	4,2±3,3
Fossamastra (urbana)	Bianco	1,0±0,5	1,0±0,5	1,0±0,4	3,3±4,3	3,3±4,3	5,5±12,2	2,7±1,7
	Estate	1,0±0,5	1,0±0,5	0,9±0,4	3,5±2,8	3,5±2,8	4,0±9,7	2,4±1,6
	Autunno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	3,5±2,1	3,5±2,1	4,6±1,7	4,6±1,7
	Inverno	1,0±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	2,8±2,0	2,8±2,0	5,3±4,9	5,3±4,9

Tabella 25 – Concentrazioni medie stagionali dei metalli nel PM₁₀ in ciascuna postazione. (#) deviazione standard uguale a 0 in quanto tutti i valori sono uguali al limite di rilevabilità

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

Dalla tabella precedente si evidenzia che:

- complessivamente tutti i valori di concentrazione medi dei metalli normati in aria sono risultati ben al di sotto del valore limite riferito alle medie annuali e poco variabili tra diverse postazioni e stagioni;
- le concentrazioni medie stagionali di As sono rimaste piuttosto costanti, intorno ad 1 ng/m^3 (valori anomali esclusi) e per il Cd sono state comprese tra 0,7 e $1,1 \text{ ng/m}^3$, in tutte le postazioni e stagioni;
- le concentrazioni di Pb e Ni sono risultate poco variabili con valori compresi, anche considerando tutti i dati, tra 1,9 e $5,3 \text{ ng/m}^3$ per il Pb e 1,7 e 4,9 per il Ni.

Nella tabella che segue sono riassunte le concentrazioni medie per tipologia di postazione e distinte per stagione. Per quanto riguarda As, Pb e Ni per massima completezza, la colonna di sinistra riporta le medie di tutti i dati, mentre quella di destra le medie con esclusione di quelli anomali.

Media \pm Dev. St. (ng/m ³)		As Tutti i Dati	As Esclusi anomali	Cd	Ni Tutti i Dati	Ni Esclusi anomali	Pb Tutti i Dati	Pb Esclusi anomali
Bianco	P. Extraurbane	1,0 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	0,8 \pm 0,2	3,3 \pm 7,6	2,1 \pm 1,8	2,9 \pm 2,1	2,9 \pm 2,1
	P. Fondo Urbano	1,0 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	0,9 \pm 0,2	2,0 \pm 1,6	2,0 \pm 1,6	2,5 \pm 1,7	2,5 \pm 1,7
	P. Urbane	1,0 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3	0,9 \pm 0,3	3,5 \pm 3,6	3,5 \pm 3,6	3,6 \pm 7,0	2,8 \pm 1,7
Estate	P. Extraurbane	1,0 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	1,0 \pm 0,9	3,2 \pm 2,8	3,2 \pm 2,8	3,6 \pm 10,7	2,5 \pm 2,0
	P. Fondo Urbano	1,0 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	1,0 \pm 0,4	2,6 \pm 1,7	2,6 \pm 1,7	2,7 \pm 6,0	1,8 \pm 0,9
	P. Urbane	0,9 \pm 0,3	0,9 \pm 0,3	0,8 \pm 0,3	4,2 \pm 3,2	4,2 \pm 3,2	3,7 \pm 6,8	2,7 \pm 1,8
Autunno	P. Extraurbane	4,3 \pm 15,4	1,0 \pm 0,0(#)	0,7 \pm 0,3	1,9 \pm 2,1	1,9 \pm 2,1	2,6 \pm 2,8	2,6 \pm 2,8
	P. Fondo Urbano	1,0 \pm 0,0(#)	1,0 \pm 0,0(#)	0,7 \pm 0,3	1,4 \pm 0,9	1,4 \pm 0,9	1,5 \pm 1,1	1,5 \pm 1,1
	P. Urbane	1,0 \pm 0,0(#)	1,0 \pm 0,0(#)	1,0 \pm 0,0(#)	3,7 \pm 2,2	3,7 \pm 2,2	3,7 \pm 1,6	3,7 \pm 1,6
Inverno	P. Extraurbane	1,0 \pm 0,0(#)	1,0 \pm 0,0(#)	0,9 \pm 0,3	2,6 \pm 2,8	2,6 \pm 2,8	4,0 \pm 6,5	4,0 \pm 6,5
	P. Fondo Urbano	1,0 \pm 0,0(#)	1,0 \pm 0,0(#)	0,9 \pm 0,2	2,1 \pm 2,0	2,1 \pm 2,0	2,5 \pm 1,8	2,5 \pm 1,8
	P. Urbane	1,0 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	2,5 \pm 1,6	2,5 \pm 1,6	5,1 \pm 8,0	4,2 \pm 3,7

Tabella 26 - Confronto tra le concentrazioni medie stagionali (± 1 deviazione standard) per i metalli nel PM₁₀ in ciascuna postazione. (#) deviazione standard uguale a 0 in quanto tutti i valori sono uguali al limite di rilevabilità.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

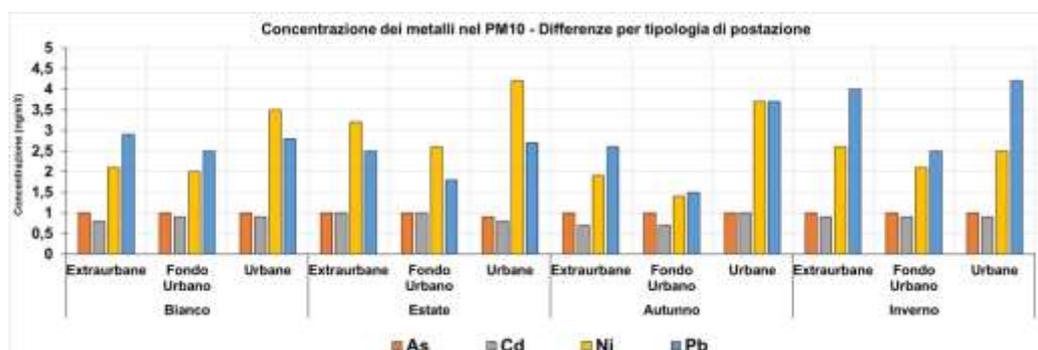


Figura 18 – Medie stagionali delle concentrazioni di metalli nel PM₁₀ per tipologia di postazione.

Dalla tabella e dal grafico precedenti, analizzando le variazioni di concentrazione tra le tipologie di postazioni si possono fare le seguenti osservazioni:

- le concentrazioni medie stagionali di As e Cd non evidenziano differenze sostanziali tra le tre diverse tipologie di postazioni, in quanto i valori sono molto bassi e quasi sempre inferiori al limite di rilevabilità;
- le concentrazioni medie di Ni e Pb nelle differenti tipologie di postazione presentano valori confrontabili tra loro e tra le diverse stagioni, tenuto conto della variabilità associata al dato; inoltre i valori appaiono abbastanza simili tra le campagne di “bianco” e quelle stagionali.

7.6.1.2 Contenuto di benzopirene nel PM₁₀

La tabella che segue riassume le **concentrazioni medie** stagionali, in **ng/m³**, 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 della RQA della Spezia di Amendola, Fossamastra e Maggiolina (vedi p. 6.1.2), nel corso delle campagne effettuate dal 2014 al 2019.

Durante gli anni di monitoraggio è stata rilevato un solo dato anomalo di concentrazione più elevato a Maggiolina nel 2016 ma non attribuibile ad evento noto; tuttavia nella tabella che segue, la colonna di sinistra riporta le medie di tutti i dati, mentre quella di destra le medie con esclusione di quelli anomali.

Media ± Dev. St.		Benzo(a)pirene	
(ng/m ³)		Benzo(a)pirene	Benzo(a)pirene esclusi dati anomali
Maggiolina	Bianco	0,13±0,13	0,13±0,13
	Estate	0,16±0,40	0,10±0,12
	Autunno	0,20±0,08	0,20±0,08
(urbana)	Inverno	0,28±0,25	0,28±0,25
Amendola	Bianco	0,11±0,09	0,11±0,09
	Estate	0,08±0,08	0,08±0,08
	Autunno	0,41±0,36	0,41±0,36
(urbana)	Inverno	0,31±0,33	0,31±0,33
Fossamastra	Bianco	0,11±0,08	0,11±0,08
	Estate	0,08±0,10	0,08±0,10
	Autunno	0,23±0,11	0,23±0,11
(urbana)	Inverno	0,37±0,40	0,37±0,40

Tabella 27 – Concentrazioni medie stagionali di Benzo(a)pirene in ciascuna postazione.

Per quanto riguarda la tabella precedente si possono fare le seguenti osservazioni:

- i valori medi di BaP nel PM₁₀ sono molto bassi e lontani dal valore limite riferito alla media annuale (1 ng/m³),
- in linea generale le concentrazioni sono maggiori in inverno e autunno rispetto all'estate;
- i valori medi osservati risultano sempre confrontabili stagionalmente tra le postazioni, a meno della media autunnale di Amendola che è consistentemente più elevata rispetto alle altre;
- in tutte le postazioni i valori medi del bianco sono equivalenti a quelli delle campagne estive.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

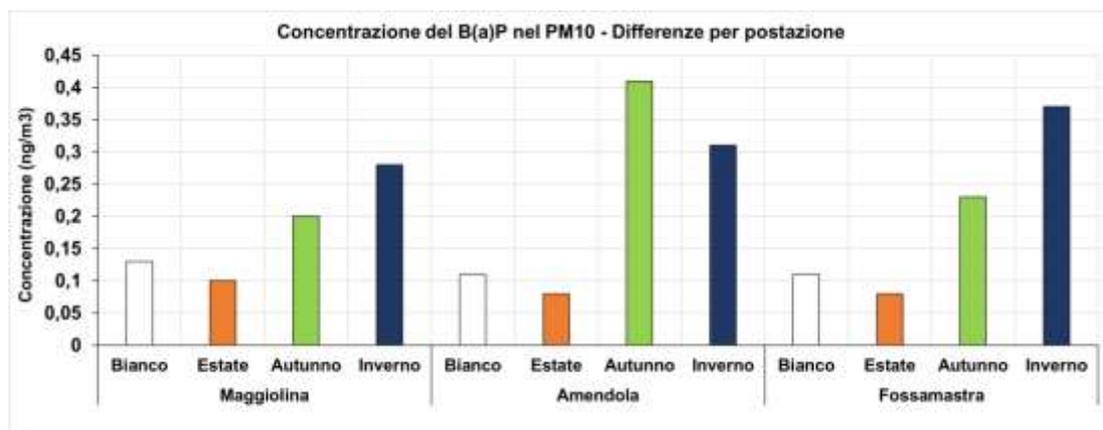


Figura 19 – Medie stagionali delle concentrazioni di B(a)P nel PM₁₀ per tipologia di postazione.

La figura sopra conferma quanto riportato in precedenza riguardo la maggiore concentrazione di BaP nel PM₁₀ durante la stagione autunno-inverno, caratterizzata da condizioni meteo più favorevoli al ristagno degli inquinanti in atmosfera.

7.6.1.3 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, di carbonio elementale (EC) ed organico (OC). Le determinazioni di levoglucosano, carbonio organico (OC) e carbonio elementale (EC) sono state condotte in alcuni campioni delle postazioni di Follo, Chiappa e Le Grazie. 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 con temperature nelle medie stagionali.

Nella tabella che segue, sono riportati suddivisi tra campagna di bianco, estate, autunno e inverno i **valori medi** in concentrazione di PM₁₀ e levoglucosano e la corrispondente percentuale di levoglucosano presente nel PM₁₀:

Postazione	Periodo	PM10 (µg/m ³)	Levoglucosano (µg/m ³)	% nel PM10
Follo	Bianco	22	0,15±0,11	0,77%
	Estate	23	0,12±0,17	0,46%
	Autunno	24	0,39±0,41	1,59%
	Inverno	20	0,38±0,28	2,00%
Chiappa	Bianco	22	0,26±0,33	1,29%
	Estate	22	0,13±0,13	0,55%
	Autunno	23	0,49±0,42	2,12%
	Inverno	19	0,49±0,52	3,05%
Le Grazie	Bianco	22	0,26±0,21	1,09%
	Estate	24	0,11±0,11	0,44%
	Autunno	23	0,51±0,51	2,25%
	Inverno	21	0,30±0,29	1,58%

Tabella 28 – Valori medi di concentrazione di Levoglucosano nel PM₁₀.

Dalla tabella precedente risulta che:

- la concentrazione in aria di levoglucosano è confrontabile con i valori osservati in diversi siti di fondo urbani italiani (v. Piazzalunga et al., 2011);
- la concentrazione di levoglucosano è risultata maggiore in autunno e inverno, probabilmente in relazione a un diffuso utilizzo del riscaldamento domestico con biomasse e per abbruciamenti di potature invernali.

Nel periodo autunnale e invernale il contributo del levoglucosano alla concentrazione media di PM₁₀ a seconda delle postazioni è risultato di 1,6-3,1% e in quello estivo di 0,4-0,6 %, in linea con quanto misurato in altri siti di fondo urbano [Piazzalunga et al., 2011].

Nella tabella che segue, sono riportati **valori medi** del periodo in concentrazione di PM₁₀, OC, EC, TC (somma di OC e EC), la percentuale di OC e di EC presente nel PM₁₀ e il valore medio del rapporto OC/EC suddivisi tra campagna di bianco, estate, autunno 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	Bianco	22	3,42±1,33	0,51±0,23	3,94±1,51	17%	2,4%	7,2
	Estate	23	4,18±1,41	0,51±0,10	4,74±1,47	19%	2,3%	8,1
	Autunno	24	4,90±1,65	0,71±0,18	5,60±1,82	21%	3,1%	6,9
	Inverno	20	4,18±1,57	0,72±0,68	4,91±1,89	22%	3,9%	7,0
Chiappa	Bianco	22	3,59±1,78	0,60±0,24	4,19±1,96	18%	2,9%	6,2
	Estate	22	3,79±1,02	0,56±0,15	4,40±1,13	18%	2,7%	6,8
	Autunno	23	4,97±1,36	0,94±0,31	5,91±1,60	22%	4,2%	5,4
	Inverno	19	4,61±1,97	0,76±0,25	5,37±2,15	27%	4,3%	6,1
Le Grazie	Bianco	22	3,95±2,01	0,59±0,25	4,54±2,13	19%	2,8%	7,4
	Estate	24	4,43±2,85	0,61±0,20	5,09±2,92	18%	2,6%	7,5
	Autunno	23	5,37±1,35	0,92±0,21	6,29±1,44	23%	4,0%	6,0
	Inverno	21	3,93±1,91	0,65±0,30	4,60±2,13	21%	3,5%	6,6

Tabella 29 - Valori medi di concentrazione di OC, EC e TC nei campioni di PM₁₀.

La concentrazione di OC e EC nei campioni di PM₁₀ sono risultate lievemente più elevate in autunno e inverno rispetto alle altre stagioni.

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

Postazione	OC					EC				
	Bianco	Estate	Autunno	Inverno	Annuale	Bianco	Estate	Autunno	Inverno	Annuale
Follo	16,9%	18,8%	20,7%	21,7%	19,5%	2,4%	2,3%	3,1%	3,9%	2,9%
Chiappa	18,3%	18,4%	21,7%	26,6%	21,2%	2,9%	2,7%	4,2%	4,3%	3,5%
Le Grazie	19,2%	17,9%	23,3%	21,2%	20,4%	2,8%	2,6%	4,0%	3,5%	3,2%

Tabella 30 – Contenuto % medio di OC e EC nei campioni di PM₁₀.

La Tabella evidenzia una maggiore percentuale di componente carboniosa totale nel PM₁₀ a Chiappa in inverno. Annualmente, OC rappresenta in media il 20% della massa del PM₁₀ e EC il 3% di essa. Quindi la somma di OC e EC ha rappresentato nei campioni del quinquennio 2015-2019 in media circa un quarto della massa del PM₁₀ della Spezia, in linea con quanto riscontrabile anche in altri siti [Bove et al., 2014, Cesari et al., 2016].

La tabella seguente sintetizza la media del rapporto OC/EC nelle varie stagioni.

Postazione	Bianco	Estate	Autunno	Inverno
Follo	7,2	8,1	6,9	7,0
Chiappa	6,2	6,8	5,4	6,1
Le Grazie	7,4	7,5	6,0	6,6

Tabella 31 – Valori medi del rapporto OC/EC nei campioni stagionali.

In generale, il rapporto OC/EC è superiore in estate e simile a quello delle campagne di bianco effettuate maggiormente nella stagione primaverile.

7.7 Sintesi dei risultati dei monitoraggi 2016-2019 rilevati dalla postazione fissa MELARA

In questo paragrafo sono valutati i risultati delle campagne della prescrizione 14 effettuate nella postazione di Melara, inserita dal 2016 nel protocollo modificato, come postazione di monitoraggio continuo.

Per l'analisi dell'andamento dei ratei di deposizione delle polveri dal 2016 al 2019 sono stati presi in considerazione i monitoraggi condotti in contemporanea con le campagne della prescrizione 14.

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.). Nella Tabella sottostante sono riportate le campagne effettuate a partire dal 2016.

Sigla	Data Inizio	Data Fine	Note
P14 16/1	26/02/16	30/03/16	Campagna invernale
P14 16/2	30/03/16	27/04/16	Campagna invernale
ME 16/A	27/04/16	30/05/16	Campagna primaverile
ME 16/B	30/05/16	28/06/16	Campagna estiva
P14 16/3	28/06/16	28/07/16	Campagna estiva
P14 16/4	28/07/16	01/09/16	Campagna estiva
ME 16/C	01/09/16	28/09/16	Campagna autunnale
ME 16/D	28/09/16	28/10/16	Campagna autunnale
ME 16/E	28/10/16	01/12/16	Campagna autunnale
ME16/F	01/12/16	19/01/17	Campagna invernale
P14 17/1	19/01/17	22/02/17	Campagna invernale
ME 17/A	27/02/17	24/03/17	Campagna primaverile
ME 17/B	24/03/17	20/04/17	Campagna primaverile
P14 17/2	27/04/17	25/05/17	Campagna primaverile/"bianco"
ME 17/C	25/05/17	29/06/17	Campagna estiva
P14 17/3	29/06/17	02/08/17	Campagna estiva
ME 17/D	02/08/17	05/09/17	Campagna estiva
ME 17/E	05/09/17	10/10/17	Campagna autunnale
P14 17/4	10/10/17	09/11/17	Campagna autunnale
ME 17/F	09/11/17	13/12/17	Campagna autunnale
ME 17/G	13/12/17	18/01/18	Campagna invernale
P14 18/1	18/01/18	22/02/18	Campagna invernale
ME 18/A	22/02/18	29/03/18	Campagna invernale
P14 18/2	30/03/18	27/04/18	Campagna primaverile/"bianco"
ME 18/B	27/04/18	30/05/18	Campagna primaverile
ME 18/C	30/05/18	28/06/18	Campagna estiva
P14 18/3	28/06/18	01/08/18	Campagna estiva
ME 18/D	01/08/18	03/09/18	Campagna estiva
ME 18/E	03/09/18	11/10/18	Campagna autunnale
P14 18/4	11/10/18	06/11/18	Campagna autunnale
ME 18/F	06/11/18	17/12/18	Campagna autunnale
ME 19/A	17/12/2018	15/01/2019	Campagna invernale
ME 19/B	15/01/2019	14/02/2019	Campagna invernale
ME 19/C	14/02/2019	14/03/2019	Campagna invernale/"bianco"
P14 19/1	14/03/2019	18/04/2019	Campagna primaverile/"bianco"
ME 19/D	18/04/2019	22/05/2019	Campagna primaverile/"bianco"
ME 19/E	22/05/2019	20/06/2019	Campagna primaverile/"bianco"
P14 19/2	20/06/2019	24/07/2019	Campagna estiva
ME 19/F	24/07/2019	05/09/2019	Campagna estiva
ME 19/G	05/09/2019	08/10/2019	Campagna autunnale
P14 19/3	08/10/2019	04/11/2019	Campagna autunnale/"bianco"
P14 19/4	07/11/2019	12/12/2019	Campagna invernale

Tabella 32 - Campagne eseguite per la prescrizione 14.

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

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

- nel complesso sono state condotte dieci campagne invernali, quattro primaverili, undici estive e nove campagne autunnali di monitoraggio con la Centrale in funzionamento;
- per la valutazione degli andamenti pluriennali, la campagna **P14 17/2 ,18/2, 19/1 e 19/3** sono utilizzate come bianco in quanto la centrale non ha mai funzionato.

Per i calcoli e le considerazioni del presente paragrafo, i valori di deposizioni inferiori al limite di rilevabilità, sono stati sostituiti con metà del limite di rivelabilità.

7.7.1 Ratei di deposizione delle polveri

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

Sigla	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Rateo deposizione insolubile [mg/m ² /d]	Precipitazione raccolta [mm]	% di esercizio CTE
P14 16/1	26/02/16	30/03/16	33	33	127	97%
P14 16/2	30/03/16	27/04/16	28	52	74	79%
ME 16/A	27/04/16	30/05/16	33	75	62	85%
ME 16/B	30/05/16	28/06/16	29	22	161	82%
P14 16/3	28/06/16	28/07/16	30	28	0	100%
P14 16/4	28/07/16	01/09/16	35	57	112	16%
ME 16/C	01/09/16	28/09/16	27	20	67	86%
ME 16/D	28/09/16	28/10/16	30	91	86	74%
ME 16/E	28/10/16	01/12/16	34	31	138	99%
ME 16/F	01/12/16	19/01/17	50	10	33	92%
P14 17/1	19/01/17	22/02/17	34	16	257	74%
ME 17/A	27/02/17	24/03/17	25	50	45	88%
ME 17/B	24/03/17	27/04/17	34	54	28	100%
P14 17/2	27/04/17	25/05/17	28	33	66	0%
ME 17/C	25/05/17	29/06/17	34	152	11	24%
P14 17/3	29/06/17	02/08/17	34	23	0	32%
ME 17/D	02/08/17	05/09/17	34	18	1	38%
ME 17/E	05/09/17	10/10/17	35	17	153	54%
P14 17/4	10/10/17	09/11/17	30	11	65	100%
ME 17/F	09/11/17	13/12/17	34	20	221	88%
ME 17/G	13/12/17	18/01/18	36	27	150	78%
P14 18/1	18/01/18	22/02/18	35	10	109	41%
ME 18/A	22/02/18	29/03/18	35	32	248	20%
P14 18/2	30/03/18	27/04/18	28	97	131	0%
ME 18/B	27/04/18	30/05/18	33	19	54	9%
ME 18/C	30/05/18	28/06/18	29	37	37	17%
P14 18/3	28/06/18	01/08/18	34	22	6	35%
ME 18/D	01/08/18	03/09/18	33	24	39	100%
ME 18/E	03/09/18	11/10/18	38	28	20	100%
P14 18/4	11/10/18	06/11/18	26	349	264	27%
ME 18/F	06/11/18	17/12/18	41	41	202	100%
ME 19/A	17/12/18	15/01/19	29	16	36	48%
ME 19/B	15/01/19	14/02/19	30	17	222	100%
ME 19/C	14/02/19	14/03/19	28	29	44	0%
P14 19/1	14/03/19	18/04/19	35	24	188	0%
ME 19/D	18/04/19	22/05/19	34	41	219	0%
ME 19/E	22/05/19	20/06/19	29	36	125	0%
P14 19/2	20/06/19	24/07/19	34	48	52	32%
ME 19/F	24/07/19	05/09/19	43	52	130	16%
ME 19/G	05/09/19	08/10/19	33	3	148	6%
P14 19/3	08/10/19	04/11/19	27	27	278	0%
P14 19/4	07/11/19	12/12/19	35	14	370	54%

Tabella 33 – Ratei di deposizione polveri, precipitazione raccolta e percentuale di esercizio della CTE ENEL. Campagne eseguite per la prescrizione 14.

Nella figura che segue, sono riportati i ratei di deposizione delle polveri. È stata inclusa anche la precipitazione totale raccolta nel deposimetro, in mm, con asse secondario invertito.

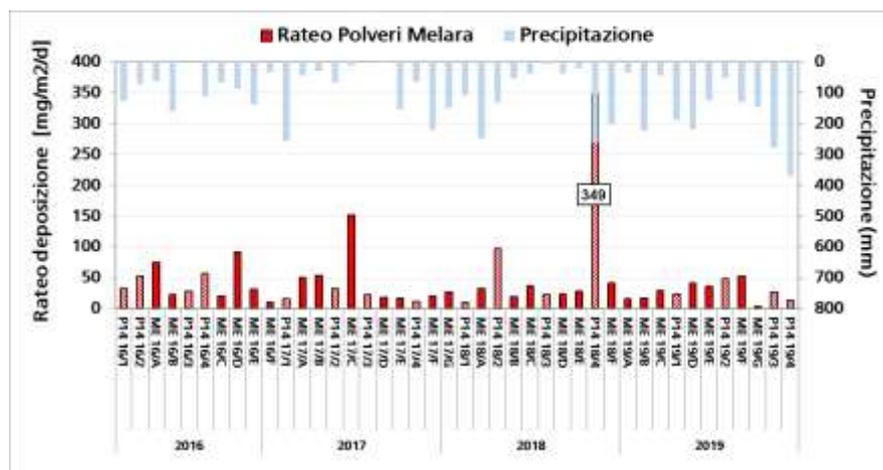


Figura 20 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili e precipitazione raccolta nel corso delle campagne 2016-2019. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della Prescrizione 14 mentre quelli in rosso alle campagne aggiuntive.

Dalla figura precedente, si evidenzia che:

- le deposizioni, fatta esclusione per quelle rilevate durante la campagna **P14 18/4**²⁷, si collocano complessivamente ben al di sotto dei valori di riferimento adottati da alcune nazioni europee aventi caratteristiche analoghe a quelle del territorio italiano (200 – 350 mg/m²/d) (vedi par. 5.1.1);
- nel complesso, emerge un quadro di contenute deposizioni di polveri, la cui variabilità è indipendente dalla precipitazione raccolta e dal funzionamento della Centrale CTE come si evidenzia nella figura sottostante.

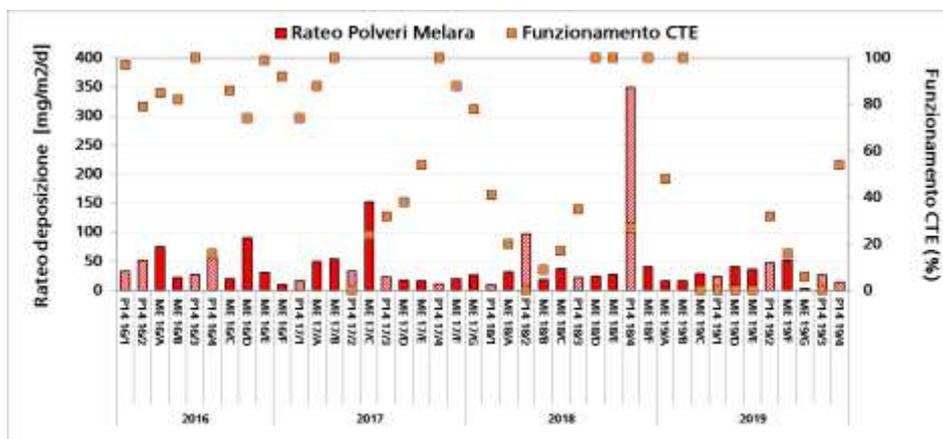


Figura 21 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili e funzionamento della centrale CTE nel corso delle campagne 2016-2019. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della Prescrizione 14 mentre quelli in rosso alle campagne aggiuntive.

Nella tabella che segue sono riportati i valori medi stagionali (± 1 deviazione standard) dei ratei di deposizione di **polveri**, a confronto con la campagna di bianco.

²⁷ La particolarità di questa campagna caratterizzata da anomale deposizioni di polveri, per evento estremo meteorologico, è stata ampiamente discussa nei capitoli precedenti.

Postazione	Bianco [#]	Inverno	Primavera	Estate	Autunno*
	<i>Media (mg/m²/d)</i>	<i>Media ± Dev. St. (mg/m²/d)</i>			
Melara	41±25	23±13	50±23	44±38	29±26

Tabella 34 – Ratei medi stagionali delle campagne continuative di monitoraggio e della campagna di bianco. (*) È stata esclusa la campagna P14 18/4 per anomalia meteorologica. (#) Bianco di due campagne primaverili.

Dai dati ad oggi raccolti si può osservare quanto riportato nel seguito:

- i ratei stagionali primaverili ed estivi sono maggiori di quelli invernali;
- i ratei autunnali e invernali differiscono poco tra di loro;
- i valori di bianco si riferiscono a 5 campagne primaverili, 1 autunnale e 1 invernale, pertanto, vista la stagionalità evidenziata, sono confrontabili maggiormente con i valori primaverili.

I dati della tabella precedente sono mostrati sotto forma di istogrammi nella figura che segue assieme alla percentuale di funzionamento della CTE ENEL:

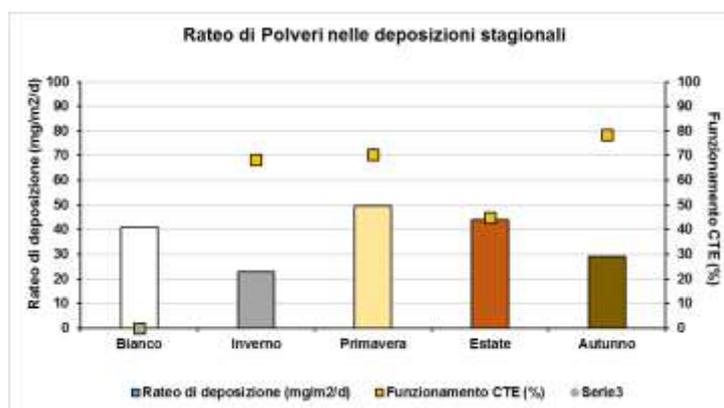


Figura 22 – Confronto tra i ratei stagionali di deposizione di polveri e % di funzionamento CTE.

I dati rilevati non evidenziano inoltre una correlazione significativa con il funzionamento della Centrale CTE ENEL.

7.7.2 Ratei di deposizioni stagionali dei metalli

Le figure seguenti confrontano i ratei di deposizioni dei metalli dal 2016 al 2019, nel corso delle campagne elencate nella Tabella 1. La prima include i metalli presenti in traccia, con fondo scala 0,7 µg/m²/d e la seconda i metalli maggioritari, con fondo scala 70 µg/m²/d.

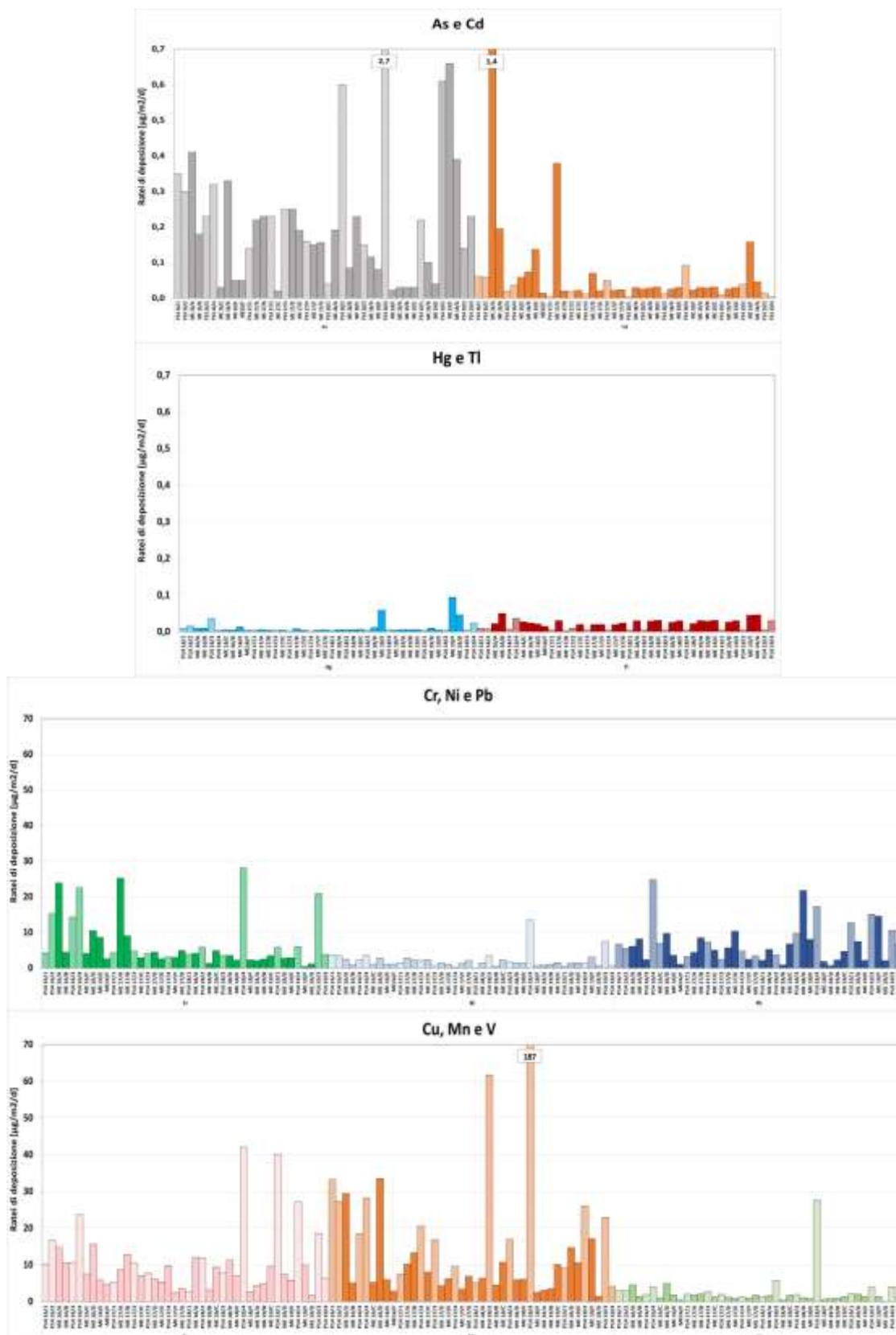


Figura 23 – Confronto delle deposizioni di metalli nelle campagne 2016-2019. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della Prescrizione 14 mentre quelli pieni alle campagne aggiuntive.

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

Dai grafici sopra si evidenzia che le concentrazioni dei metalli sono risultate piuttosto omogenee nel corso dei quattro anni per Hg, Tl, Ni, V mentre mostrano una maggiore variabilità per As, Cd, Cr, Pb, Cu e Mn. Il valore di Cd e Cr misurato nella campagna **ME P16/A** sembrerebbe un caso isolato, come anche i valori di Ni e V misurati nella campagna **P14 18/4** (peraltro caratterizzata da condizioni meteorologiche anomale, con una intensa mareggiata e un fenomeno di avvezione sahariana).

Per meglio valutare gli andamenti stagionali, nella tabella che segue sono riassunti i ratei stagionali di deposizione dei metalli nella postazione e quelli delle campagne 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. ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$)	Campagna	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Melara (urbana)	Bianco	0,2 \pm 0,2	0,02 \pm 0,008	6,7 \pm 6,5	2,5 \pm 2,4	6,9 \pm 3,8	14,8 \pm 11,9	21,4 \pm 18,6	2,8 \pm 2,1
	Inverno	0,2 \pm 0,1	0,03 \pm 0,02	4,8 \pm 4,0	1,6 \pm 1,2	3,7 \pm 2,1	7,1 \pm 4,7	10,0 \pm 11,3	1,6 \pm 0,9
	Primavera	0,2 \pm 0,1	0,45 \pm 0,65	14,8 \pm 11,6	2,0 \pm 1,1	5,0 \pm 3,2	9,8 \pm 5,1	14,4 \pm 10,7	2,2 \pm 1,7
	Estate	0,3 \pm 0,2	0,06 \pm 0,06	6,5 \pm 6,3	1,9 \pm 0,9	10,6 \pm 7,6	11,9 \pm 6,9	14,3 \pm 8,2	2,0 \pm 0,9
	Autunno	0,2 \pm 0,1	0,05 \pm 0,04	4,2 \pm 3,0	1,1 \pm 0,7	5,5 \pm 3,2	6,4 \pm 4,1	8,2 \pm 9,3	1,4 \pm 1,4

Tabella 35 – Ratei medi stagionali dei metalli nella postazione di Melara.

Esaminando i ratei medi stagionali, va osservato, in primo luogo, che i valori delle deviazioni standard sono spesso elevati e le apparenti differenze nelle deposizioni medie stagionali non hanno una rilevanza statistica. I dati appaiono abbastanza confrontabili tra loro a meno delle deposizioni anomale di Cd e Cr della P14 16 A che ha alzato significativamente i valori medi primaverili. I valori della tabella precedente sono mostrati sotto forma di istogrammi nella figura che segue:

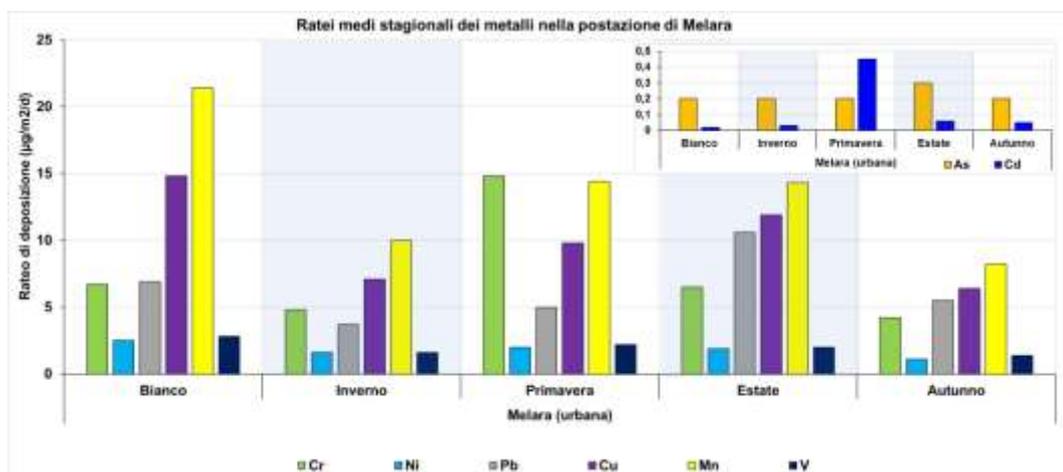
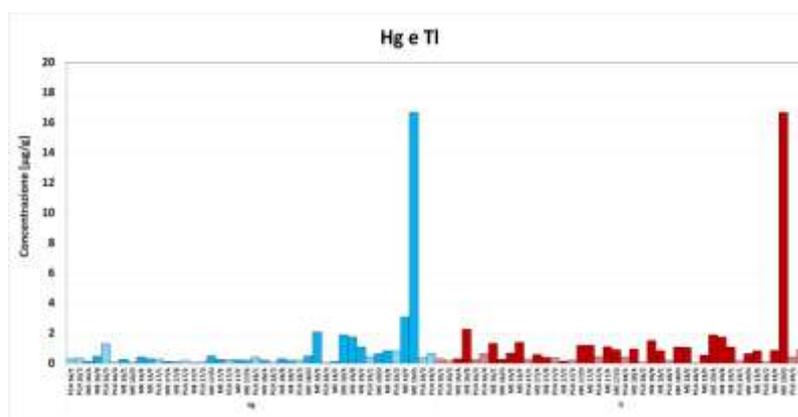
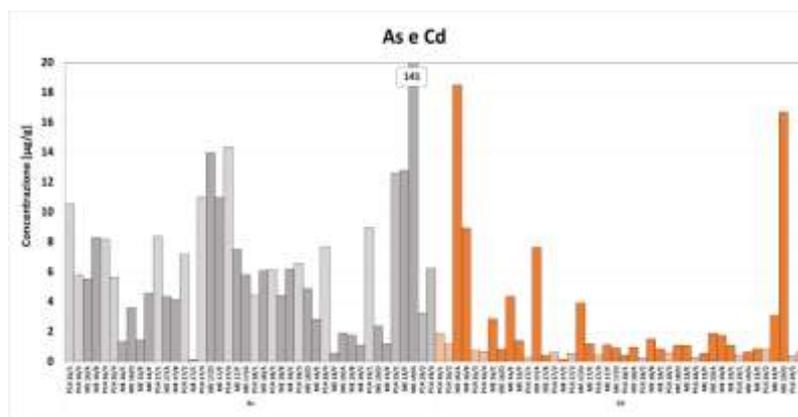


Figura 24 – Confronto tra i valori medi stagionali dei ratei dei metalli a Melara.

I ratei medi stagionali confermano le osservazioni precedenti, e 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.

7.7.3 Concentrazioni di metalli nelle polveri

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. Negli istogrammi seguenti sono mostrate appunto le **concentrazioni** in $\mu\text{g/g}$ dei metalli nelle deposizioni raccolte nel corso delle campagne:



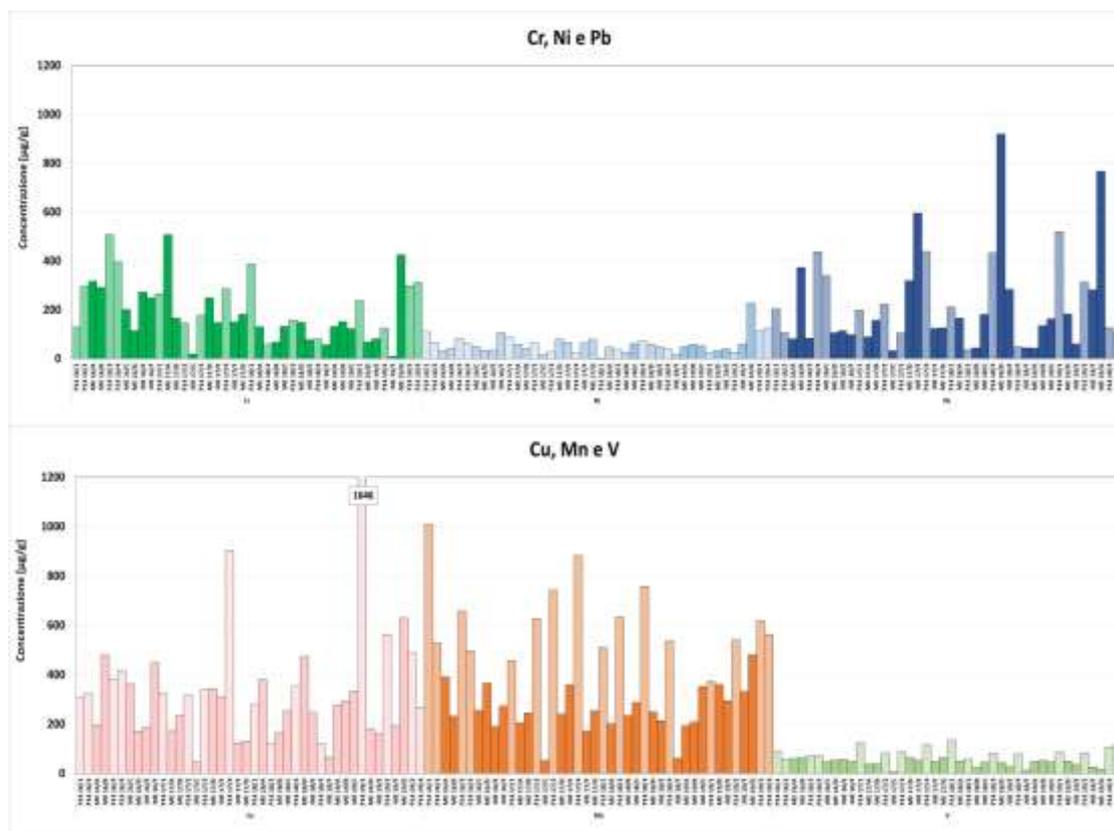


Figura 25– Confronto delle concentrazioni ($\mu\text{g/g}$) di metalli nelle campagne 2016-2019. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della Prescrizione 14 mentre quelli in rosso alle campagne aggiuntive.

Dai grafici in Figura 6 si evidenzia quanto segue:

- le concentrazioni di Mn e di Cu nelle polveri a Melara sono risultate le più alte;
- la concentrazione di As e Cd è risultata abbastanza variabile negli anni con valori elevati nelle campagna **ME 19/G** (per As e Cd) e **ME 16/A** (per Cd);
- le concentrazioni di Hg e di Tl sono risultate molto basse, a parte la campagna **ME 19/G**, ma i ratei di polveri sono del tutto confrontabili a quelli degli altri valori;
- le concentrazioni di Ni e di V sono risultate poco variabili tra le campagne;
- la concentrazione di Pb è abbastanza variabile tra le diverse campagne con elevati valori riscontrabili in alcune campagne;
- la concentrazione di Cu risulta significativa (a parte un caso anomalo nel 2019) e riflette le influenze dovute alle emissioni industriali e al traffico;
- la concentrazione di Mn nelle polveri è risultata molto variabile; essendo un metallo tipicamente terrigeno, potrebbe essere fortemente influenzata da apporti naturali.

La tabella che segue riassume le **concentrazioni medie** dei metalli nelle polveri nelle diverse stagioni e nella campagna di bianco.

Media ± Dev. St. (µg/g)	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bianco	4,3±3,1	0,6±0,3	145±91	51±30	188±161	268±139	466±153	67±18
Inverno	5,5±2,8	1,1±0,6	224±91	73±34	139±57	303±86	420±264	79±36
Primavera	4,6±0,6	7,0±8,3	264±192	39±14	93±47	193±32	269±83	40±15
Estate	8,2±4,1	1,9±2,6	201±151	53±22	316±244	349±145	417±235	59±24
Autunno	5,3±4,8	1,5±1,3	163±93	41±32	256±188	296±247	313±249	52±30

Tabella 36 – Concentrazioni medie dei metalli nelle polveri depositate stagionalmente. Valori in µg/g. Esclusi tutti i dati campagna ME 19/G e il dato di Cu della P14 19/1.

Dalla tabella precedente si evidenzia una certa variabilità delle concentrazioni di metalli. Le concentrazioni primaverili che per alcuni metalli sembrerebbero inferiori rispetto alle altre stagioni, potrebbe essere dovuto al minor numero di campagne effettuate in primavera con Centrale in funzione rispetto alle altre stagioni.

I valori della tabella precedente sono mostrati sotto forma di istogrammi nella figura che segue:

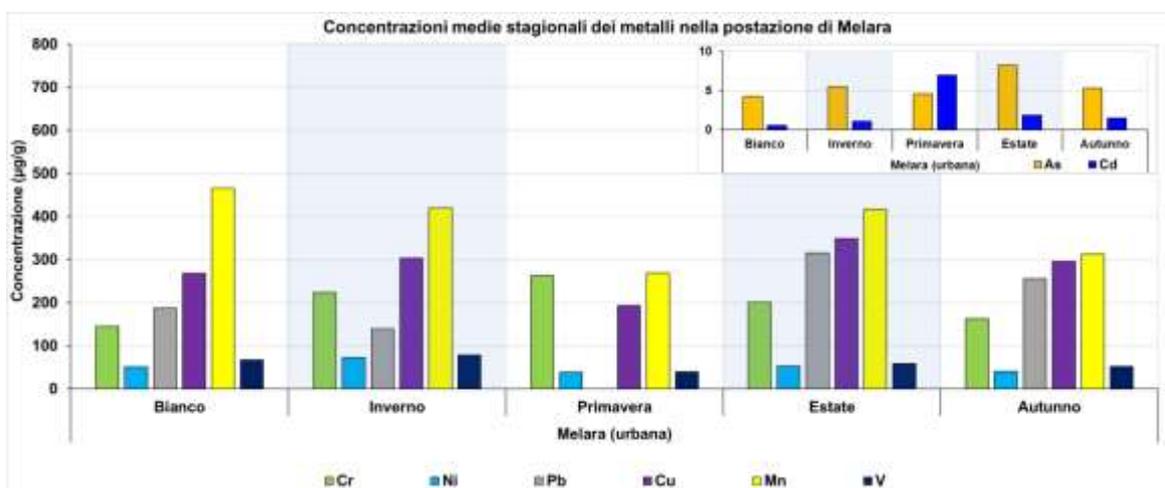


Figura 26 – Confronto tra concentrazioni medie dei metalli nelle polveri depositate stagionalmente a Melara.

7.7.4 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.

Nella tabella che segue sono riassunti i risultati di deposizione delle specie ioniche dei tre anni di monitoraggio mediati stagionalmente. I valori sono espressi in mg/m²/d:

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	12,5±11,4	20,5±34,9	3,9±3,9	1,3±1,2	1,9±1,2	37,6±68,6	7,6±2,2	10,6±9,7	5,0±1,4
Inverno	6,2±6,6	13,0±7,6	1,8±1,0	0,8±0,4	1,7±1,0	21,7±12,8	7,8±3,4	5,7±2,8	3,2±2,0
Primavera	6,3±1,6	12,6±10,2	1,8±1,4	0,9±0,9	0,7±1,0	22,6±18,3	5,9±1,6	7,2±3,7	4,1±1,7
Estate	6,3±6,9	4,6±4,8	1,0±1,0	0,4±0,3	0,6±0,9	8,2±9,5	4,7±5,4	3,5±2,8	2,0±1,5
Autunno	7,3±4,3	20,0±33,2	3,0±3,8	1,1±1,1	1,3±0,6	36,0±59,5	7,3±4,1	9,4±8,8	4,4±3,5

Tabella 37 – Ratei stagionali delle deposizioni di specie ioniche nel 2016-2019. Valori in mg/m²/d.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

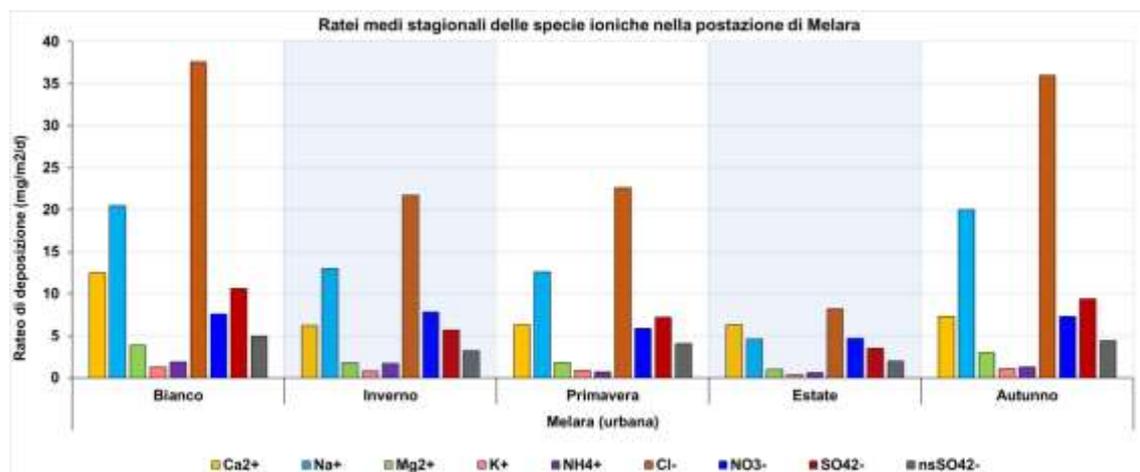


Figura 27 – Confronto tra ratei medi stagionali delle specie ioniche a Melara.

Dalla tabella e figura precedente emerge quanto segue:

- le deposizioni delle specie ioniche sono tipicamente risultate di valori modesti, fatta eccezione per il Na e Cl⁻, con valori più elevati soprattutto nelle campagne autunnali;
- i solfati non marini sono molto simili stagionalmente, ma leggermente inferiori in estate a causa della minore piovosità;
- il rateo dei nitrati appare invece più omogeneo;
- il rateo medio invernale delle specie ioniche risulta maggiore di quello estivo, (ad eccezione del Ca²⁺), andamento probabilmente legato a fattori meteorologici;
- il rateo medio delle specie ioniche nelle campagne di bianco risulta elevato e confrontabile ai valori medi stagionali rilevati in autunno.

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 condiviso²⁸ 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'uomo.

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 2019 (par. 8.1), la seconda quella derivante dalla valutazione complessiva del periodo di monitoraggio 2014-19 (par. 8.2).

8.1 Sintesi monitoraggio 2019

Il monitoraggio nel 2019 ha previsto l'esecuzione di quattro campagne della durata di circa un mese con la particolarità del sito di Melara dove il campionamento è effettuato in continuo così da garantire la copertura dell'intero anno: si tratta infatti dell'area di massima ricaduta individuata dal modello diffusionale relativo alle emissioni del gruppo SP3 (nota prot. ARPAL n. 143055 del 25/09/2014, prot. ENEL nr. 29989 del 29/07/2015 e nr. 0018726 del 31/05/2016). 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 2019 (25% del tempo), nel dettaglio:

- **P14 19/1:** centrale non operativa (campagna di bianco);
- **P14 19/2:** operatività della Centrale ENEL rispetto alla durata di campagna 32%;
- **P14 19/3:** centrale non operativa (campagna di bianco);
- **P14 19/4:** operatività della Centrale ENEL rispetto alla durata di campagna 54%.

Le **caratteristiche meteorologiche** delle campagne di monitoraggio, che si sono svolte nel corso delle quattro stagioni, sono state, ovviamente, molto diverse tra loro.

La campagna **primaverile P14 19/1** è stata all'insegna di un tempo decisamente anomalo, per la stagione, con condizioni secche sul centro-nord, salvo alcune brevi

²⁸ 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.

discese di aria fresca e instabile che non colmano i significativi deficit precipitativi, già presenti a inizio marzo. Verso inizio aprile, si è registrata una ripresa delle precipitazioni più in linea con la climatologia primaverile.

La campagna **estiva P14 19/2** è stata caratterizzata in generale da un clima estivo molto caldo: solo nel mese di luglio, sono state registrate alcune sporadiche irruzioni più fresche dai quadranti settentrionali che hanno favorito l'innescò di diversi episodi temporaleschi accompagnati da intensa grandine e raffiche di vento oltre che trombe marine.

La campagna **autunnale P14 19/3** è stata caratterizzata da un clima decisamente autunnale: si è osservata, infatti, la dominanza di un flusso umido e perturbato sulle zone nord-occidentali italiane.

La campagna **invernale P14 19/4** ha avuto inizio nel corso dell'ultimo mese dell'autunno con tempo caratterizzato da fenomeni meteorologici legati a episodi di intensa ventilazione, mareggiate, grandinate e rovesci temporaleschi. La campagna è stata caratterizzata da frequenti episodi precipitativi con picchi di circa 80 mm di cumulata massima giornaliera. Durante tale campagna si è proceduto alla sostituzione dei deposimetri a causa dell'elevata precipitazione totale occorsa: la deposizione complessiva della campagna P14 19/4 è stata ottenuta sommando le singole deposizioni dei due sub periodi.

I ratei di **deposizioni di polveri** misurati alla Spezia nel 2019, sebbene non garantiscano una copertura annuale, sono indicativi di una scarsa **polverosità**. Con queste limitazioni, il rateo medio misurato alla Spezia nelle campagne del 2019 (46 mg/m²/d) è indicativo di una polverosità "praticamente assente".

A Melara, dove il modello diffusionale prevede la massima ricaduta delle emissioni della Centrale, le deposizioni sono risultate quantitativamente in linea con la media di quelle misurate nelle altre postazioni. In particolare, i ratei sono risultati tipicamente confrontabili o di poco inferiori a quelli rilevati nelle postazioni di fondo suburbano (Chiappa) e fondo urbano (Maggiolina) ovvero con le aree meno soggette a pressione antropica.

In corrispondenza delle maggiori precipitazioni cumulate verificatesi nelle ultime due campagne, sono stati rilevati i più bassi ratei di deposizione, a dimostrazione di un abbattimento della polverosità a causa delle piogge.

Ad eccezione della postazione di Fossamastra, nelle postazioni fisse della prescrizione 14 si è di poco superato il valore di 100 mg/m²/d di polveri depositate che, secondo gli indici di polverosità della Commissione Centrale contro l'inquinamento atmosferico del MATTM, individua una classe di polverosità "praticamente assente". Nella postazione di Fossamastra i ratei hanno superato il valore di 100 mg/m²/d e superato di poco per una sola campagna, quello di 250 mg/m²/d che definisce una polverosità "bassa".

Le **deposizioni dei metalli** sono compatibili con quelle degli anni precedenti: le maggiori deposizioni sono state rilevate nelle postazioni urbane, specie per i metalli di prevalente origine antropica (Pb, Cr, Cu, Ni, V); i ratei di deposizione di alcuni metalli di

origine prevalentemente terrigena, come As e Mn soprattutto a Bolano, Arcola e Fossamastra seguono l'andamento delle precipitazioni. Non sono state rilevate significative differenze delle deposizioni di metalli nelle due campagne effettuate a centrale non operativa rispetto alle altre due a centrale operativa.

Il contenuto in **concentrazione dei metalli** risulta abbastanza in linea con quello degli anni precedenti fatta eccezione per le concentrazioni anomale a Melara di Cu nella campagna primaverile e di Ni nella autunnale (entrambe caratterizzate da assenza di operatività della Centrale). Si evidenziano inoltre più alti valori di concentrazione di As, di origine terrigena, soprattutto nella campagna caratterizzata dalle più alte precipitazioni cumulate e una leggera prevalenza nelle polveri dell'ambiente urbano dei metalli di preminente origine antropica (Pb, Cu, Cr). In generale, comunque si riscontra una sostanziale uniformità qualitativa delle polveri relativamente al loro contenuto di metalli.

Per quanto riguarda le deposizioni di **IPA**²⁹, sono stati determinati quelli **cancerogeni** previsti dalla Norma Europea UNI EN 15890:2011, integrati con ulteriori composti policiclici aromatici di interesse al monitoraggio (IPA totali).

Nelle diverse postazioni, le deposizioni di **IPA totali** nel 2019 sono risultate piuttosto basse con valori compresi tra circa 2 e 137 ng/m²/d.

Relativamente alla loro **distribuzione spaziale**, le deposizioni maggiori di IPA totali e della norma UNI si sono avute nelle postazioni urbane, di norma a Fossamastra.

Relativamente alla loro **distribuzione temporale**, si evidenzia una dipendenza delle deposizioni di IPA totali e della norma UNI dalla stagionalità delle campagne: nelle postazioni extraurbane, le massime deposizioni si sono avute in autunno da attribuire alla messa in funzione del riscaldamento domestico; nelle postazioni urbane, in primavera.

Nelle deposizioni delle postazioni urbane, più caratterizzate da intenso traffico viabilistico, inoltre, è stata riscontrata la presenza di coronene e di BghiP, IPA caratteristici delle emissioni del traffico veicolare.

A **Melara**, postazione ritenuta dalla modellazione la più influenzata dalle ricadute della centrale ENEL, i ratei degli IPA sono più simili a quelli delle postazioni extraurbane piuttosto che a quelli rilevati nelle postazioni urbane.

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 nel 2019 ha un valore medio pari a 0,9 ng/m²/d che, confrontato con i dati di letteratura, risulta inferiore a quello di altri siti urbani europei, con analoghe caratteristiche di pressione antropica. Nelle campagne del 2019 si sono riscontrati valori dei ratei di deposizione BaP molto omogenei nel corso delle quattro campagne e lievemente più elevati nella campagna autunnale in quasi tutte le postazioni (eccetto Arcola e Fossamastra).

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

²⁹ IPA – Idrocarburi Policiclici Aromatici: composti idrocarburi caratterizzati da almeno due anelli aromatici condensati.

rapporto relativo tra gli IPA presenti nelle deposizioni. Nelle campagne primaverile ed estiva si evidenziano pattern abbastanza simili tra postazioni urbane ed extraurbane dominati dalla presenza degli IPA leggeri (fenantrene) con una lieve preponderanza di benzo(ghi)perilene nelle postazioni urbane. Nelle campagne autunnale e invernale, i *fingerprint* sono lievemente diversi dalle altre due stagioni: nelle postazioni extraurbane prevalgono gli IPA pesanti e in quelle urbane spiccano alcuni IPA pesanti riferibili ad emissioni del traffico veicolare a benzina (benzo(ghi)perilene e coronene).

Relativamente a **diossine (PCDD/F)** e **PCB dioxin like**, i **ratei di deposizione** sono risultati molto bassi, spesso 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 in unità di tossicità equivalente alla 2,3,7,8-TCDD³⁰.

La maggior parte dei congeneri di PCDD e PCDF sono risultati inferiori al limite di quantificazione. Tra tutti i congeneri, solo la octaclorodibenzo-p-diossina (OCDD), la meno tossica delle diossine e, saltuariamente 1,2,3,6,7,8-HxCDD e 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD tra i congeneri di PCDD, e soprattutto octaclorodibenzofurano (OCDF) e 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF tra i congeneri di PCDF, sono risultati rilevabili nei campioni di deposizione. La TCDD è stata rilevata solo in un campione.

Complessivamente, le deposizioni medie di PCDD/F e PCB del 2019 alla Spezia sono circa un sesto del valore guida di 4 WHO-TEQ pg/m²/d e si possono escludere significativi apporti antropici.

Da un confronto con i valori di deposizione rilevati in altri siti italiani, quelli riscontrati alla Spezia sono in linea o inferiori ai valori minimi rilevati in aree a differente tipologia in Italia e in altre nazioni europee (cap 5).

Dal confronto tra i **profili** ("*patterns*") di diossine e PCB *dioxin like* nei campioni di deposizione si evidenziano i tipici *pattern*, 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.

Per quanto concerne le **specie ioniche**, Na⁺ e Cl⁻, di chiara origine marina, sono quelle maggiormente rilevate nella fase acquosa, presentando i più alti valori nella campagna invernale, caratterizzata dalla più elevata precipitazione. In tutte le campagne, le deposizioni di NO₃⁻ sono risultate maggiori di quelle dei SO₄²⁻, confermando l'influenza preponderante delle emissioni di NO_x, come è riscontrabile in maniera ubiquitaria da molti anni.

I **ratei di deposizione delle polveri** misurati nel 2019 a Melara sono risultati simili a quelli delle altre postazioni extraurbane, e sono di gran lunga inferiori 100 mg/m²/d (situazione di polverosità praticamente assente). I **ratei di deposizione dei metalli** sono variati in linea generale in intervalli abbastanza ristretti; le **concentrazioni dei**

³⁰ Tale valore è ottenuto moltiplicando i valori in massa di ciascun composto per il rispettivo fattore di tossicità equivalente alla 2,3,7,8-TCDD, 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.

metalli hanno presentato una ridotta variabilità relativa nel corso dell'anno, tranne che il Cu nella campagna primaverile e i metalli della campagna caratterizzata dal minor rateo di polvere (P14 19/G); i valori sono risultati comunque confrontabili con quelli delle altre postazioni urbane. Nelle campagne con la Centrale in funzione, i ratei di metalli risultano confrontabili con quelli di campagne con funzionamento nullo o molto ridotto.

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 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A parte la campagna primaverile, dove si nota una differenza tra le concentrazioni medie di PM10 nelle postazioni aggiuntive e in quelle urbane, negli altri periodi di monitoraggio, non si sono avute differenze molto evidenti tra le varie postazioni, con valori medi confrontabili, tenuto conto della variabilità del dato. In linea generale, le maggiori concentrazioni si sono avute nelle postazioni urbane della RQA, più influenzate dalle pressioni proprie dell'ambiente urbano.

Si evidenzia inoltre una buona correlazione tra gli andamenti temporali del PM10 nelle postazioni considerate, tranne pochi eventi locali per la maggior parte riconducibili a fattori meteorologici.

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 ($1 \text{ ng}/\text{m}^3$) e quindi di molto inferiori ai limiti normativi annuali, di Pb molto bassi e significativamente inferiori al limite normativo di $500 \text{ ng}/\text{m}^3$, con concentrazioni tipicamente comprese tra valori inferiori al limite di rilevabilità e $10 \text{ ng}/\text{m}^3$ in tutte le postazioni, eccetto qualche caso misurato nelle postazioni urbane. Anche il Ni presenta per lo più valori compresi tra il limite di rilevabilità e $10 \text{ ng}/\text{m}^3$ (valore limite annuale $20 \text{ ng}/\text{m}^3$) in tutte le postazioni a parte un unico valore atipico.

Le determinazioni di **levoglucosano**, marker tipico della combustione di biomasse, Carbonio Organico (OC) e Carbonio Elementare (EC) sono state condotte in alcuni campioni di PM10 caratteristici delle diverse stagioni delle postazioni di Follo, Chiappa e Le Grazie. La concentrazione in aria di levoglucosano, in linea generale, è risultata inferiore in primavera e in estate rispetto all'autunno e all'inverno e ciò è coerente con l'utilizzo di sistemi di riscaldamento domestico basati sulla combustione di biomassa. La media annuale dell'intero comprensorio risulta essere nel 2019 di $0.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore 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 trovato che i valori medi annui di concentrazione nel comprensorio della Spezia risultano essere comparabili con quanto tipicamente rilevato in Europa in altri siti di fondo urbano. La somma di OC ed EC ha rappresentato in media circa un quarto della massa del PM₁₀ nel 2019, in linea con quanto riscontrabile anche in altri siti con caratteristiche analoghe alla Spezia.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

8.2 Sintesi e conclusioni del periodo 2014 ÷ 2019

Nel seguito sono valutati i risultati delle campagne della Prescrizione 14 effettuate dal 2014 fino al 2019. In particolare, sono indicati gli aspetti salienti derivanti dall'analisi dei risultati acquisiti nel corso dei sei 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 complesso sono state condotte 23 campagne di monitoraggio, di cui 9 sono state considerate estive, 2 autunnali e 7 invernali con la Centrale in funzionamento, nonché 4 campagne di bianco che si sono svolte nella stagione primaverile (**P14 14/0**, **P14 17/2**, **P14 18/2** e **P14 19/1**) e 1 campagna di bianco (**P14 19/3**) svolta nella stagione autunnale, con Centrale ferma. Per le valutazioni degli andamenti stagionali non sono state considerate le campagne primaverili e autunnali ma solo le stagioni estiva ed invernale.

Nel corso delle campagne sono avvenuti eventi atipici meteorologici e locali episodi di incendi e cantierizzazioni che hanno portato come conseguenza ad anomalie di alcuni parametri che, nei casi conosciuti, sono stati esclusi 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 2019 sono stati presi in considerazione i risultati ottenuti nelle postazioni previste dal protocollo, dopo le opportune valutazioni critiche descritte nel cap. 7.

Nel complesso si evidenzia che in tutte le postazioni, a meno di Fossamastra, 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) e riferendosi ai criteri nazionali italiani (cap. 5) sono inquadrabili nella classe di polverosità "*praticamente assente*" (<100 mg/m²/d). **Fossamastra** che si colloca nella classe di polverosità "*bassa*" (rateo compreso tra 100 e 250 mg/m²/d), presenta in maniera sistematica i ratei più elevati in tutte le campagne condotte in tutte le stagioni ad evidenziare una caratteristica locale.

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).

L'analisi dei dati 2014 - 2019 conferma che le postazioni extraurbane e la postazione di fondo urbano presentano una deposizione caratterizzata da valori molto bassi, lievemente superiori in inverno rispetto all'estate; tale situazione individua un fondo tipico del tessuto extraurbano mentre le postazioni urbane presentano maggiori deposizioni rispetto alle altre con differenze dei ratei medi di deposizione stagionali molto limitate.

Confrontando le campagne di bianco a Centrale ferma con quelle a Centrale operativa si evidenzia che i ratei medi risultano comparabili: ciò significa che non si evidenziano sui ratei di deposizione impatti significativi legati all'operatività della Centrale.

Si è continuato a trattare a parte la postazione di **Fossamastra**, per la sua peculiarità e si sono evidenziati ratei stagionali praticamente equivalenti tra le campagne svolte nel

periodo invernale e le campagne di bianco, effettuate in periodi estivi-primaverili-autunnali. 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. Nel periodo invernale il rateo medio è leggermente maggiore di quello estivo. Questa postazione continua ad essere 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 il volume di traffico, sempre intenso nel corso dell'anno. Si conferma che a valori dei ratei di deposizione delle polveri così elevati non corrispondono però altrettanto elevati valori di PM_{2,5}, PM₁₀ 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 di carbone.

Relativamente ai **ratei di deposizioni dei metalli**, utilizzando i criteri sopra adottati per le polveri, emerge 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. Si può osservare comunque, che nelle postazioni extraurbane e in quella di fondo urbano, i ratei medi stagionali di tutti i metalli eccetto che per il Mn (maggiore in estate per le extraurbane) sono confrontabili tra di loro, tenuto conto delle deviazioni standard associate ai dati. Considerazioni analoghe valgono anche per i ratei medi stagionali delle postazioni **urbane**, Fossamastra esclusa, salvo per il Ni, maggiormente depositato in inverno e per il Cu, in estate.

A **Fossamastra**, i ratei medi stagionali sono maggiori di 2-4 volte rispetto a quelli riscontrati nelle postazioni urbane e sono tra loro praticamente equivalenti per As, Cd, Cr, maggiori in inverno per Ni, Pb, Mn e in estate per il V.

Il confronto tra i ratei delle campagne 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.

Utilizzando i criteri sopra adottati per le polveri, tenuto conto della variabilità associata al dato, le **concentrazioni dei metalli** risultano comunque poco soggette a variazioni significative legate alla stagione, al tempo e allo spazio indicando una ricaduta caratteristica del territorio; si ricorda che solo Arcola (per la particolarità delle deposizioni fino al 2017) e Chiappa relativamente al Pb si diversificano rispetto alle altre stazioni.

Le concentrazioni di metalli a **Fossamastra**, al contrario dei ratei di deposizione, a parte qualche eccezione, 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.

Relativamente ai ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (**IPA**), depurati dei dati anomali utilizzando i criteri riportati al cap.7, tenendo conto della variabilità dei dati, si evidenzia una diminuzione nel 2019 dei ratei anche legata alla mancanza di eventi anomali noti, in un quadro di valori alla Spezia generalmente bassi con lieve variazione stagionale. Nelle postazioni extraurbane e di fondo urbano, ad esclusione di Arcola, le deposizioni di IPA totali e della norma UNI sono maggiori in inverno; nelle postazioni urbane fortemente soggette a traffico veicolare (Fossamastra e Saint Bon), le deposizioni degli IPA totali sono lievemente più elevati in inverno e quelli della norma UNI, non presentano alcuna differenziazione stagionale; inoltre, se si escludono queste due postazioni, gli IPA della Norma UNI, presentano limitate differenze tra l'ambiente urbano e quello extraurbano.

Relativamente ai **ratei di deposizione di benzo(a)pirene** depurati dei dati anomali utilizzando i criteri riportati al cap. 7, 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. I valori delle deposizioni delle campagne di bianco e quelli delle campagne con Centrale in funzione risultano molto contenuti e praticamente equivalenti tra loro.

Relativamente ai **ratei di deposizione di PCDD/F e PCB** si evince che nel complesso le loro deposizioni sono generalmente basse e, escludendo i dati anomali (vedi par 7.4), non superano mai il valore guida di 4 pg TEQ/m²/d come media annuale. Facendo riferimento ai ratei di deposizione 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 in tutte le postazioni a parte Melara.

Relativamente alle **specie ioniche nelle** deposizioni, dall'analisi dei dati, emerge che i valori dei ratei di deposizione sono sempre risultati estremamente modesti e non sono stati individuati, come per le altre specie chimiche, valori di deposizione anomala. Il rateo medio invernale, ad esclusione di poche eccezioni, risulta maggiore di almeno il doppio di quello estivo per tutte le postazioni, probabilmente legato a fattori meteorologici.

Per l'analisi dell'andamento dei **ratei di deposizione delle polveri a Melara** dal 2016 è stata effettuata una valutazione stagionale come per le altre postazioni. Nel complesso, emerge un quadro di deposizioni variabili in modo abbastanza indipendente dalla precipitazione raccolta e dal funzionamento della Centrale, con valori confrontabili con quelli delle postazioni extraurbane.

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 e tipici di ambienti urbani e rurali europei, con valori confrontabili più con le postazioni extraurbane che con quelli delle urbane.

Le **concentrazioni di metalli** evidenziano una variabilità confrontabile con quella rilevata nelle altre postazioni urbane non legata alla stagionalità con i valori maggiori misurati per i metalli Mn e Cu.

Relativamente alle concentrazioni di **PM10** rilevate nel corso delle campagne della prescrizione 14 effettuate dal 2014 fino al 2019, non si sono mai avuti superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dalla normativa.

Inoltre, emerge che le concentrazioni di PM10 presentano valori bassi in tutte le stagioni e le differenze stagionali tra le tipologie di postazioni, all'interno dell'incertezza dei valori, risultano molto contenute. Ciò 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 e ai fattori meteorologici che vedono il prevalere in tutte le stagioni delle circolazioni di brezza con fasi di ristagno molto limitate. Nei sei 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.

Per quanto riguarda i **metalli nel PM10**, si evince che le concentrazioni medie previste dal D.lgs. 155/10 nel PM10 (As, Cd, Ni, Pb) risultano sempre inferiori ai limiti normativi e abbastanza costanti negli anni in tutte le postazioni. Inoltre, i valori di As e Cd sono spesso risultati inferiori ai limiti di rilevabilità. Si osserva inoltre che le concentrazioni medie stagionali nelle differenti tipologie di postazione presentano variazioni estremamente ridotte.

I valori medi di **BaP nel PM10** sono molto bassi e lontani dal valore limite riferito alla media annuale e normalmente maggiori in autunno e inverno rispetto all'estate; la maggiore concentrazione di BaP nel PM10 durante la stagione invernale è riferibile a condizioni meteo più favorevoli al ristagno degli inquinanti in atmosfera. I valori medi osservati risultano sempre confrontabili stagionalmente tra le postazioni, a meno della media autunnale di Amendola che è consistentemente più elevata rispetto alle altre. In tutte le postazioni i valori medi del bianco effettuato durante il corso della primavera sono più simili a quelli delle campagne estive.

Relativamente al contenuto di **levoglucosano nel PM10**, dall'analisi dei dati si evince che il valore medio stagionale è confrontabile con quanto si riscontra normalmente in altri siti di fondo urbano italiano. La concentrazione in aria è complessivamente bassa in tutti i campioni delle tre postazioni. Le concentrazioni maggiori in autunno e inverno sono probabilmente dovute ad un diffuso utilizzo del riscaldamento domestico con biomasse e per abbruciamenti di potature stagionali.

Relativamente al contenuto di **OC e 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. Le concentrazioni medie di EC sono in generale risultate più elevate in autunno rispetto alle altre stagioni.

Annualmente la somma di OC e EC ha rappresentato in media circa un quarto della massa del PM10 della Spezia, in linea con quanto riscontrabile anche in altri siti.

In generale, il rapporto OC/EC è superiore in estate e simile a quello delle campagne di bianco effettuate per lo più nella stagione primaverile.

Dall'analisi dei dati del periodo 2014-19 si conferma quanto detto nei precedenti rapporti e cioè 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 fino alla prima parte del 2017 e Fossamastra.

Nella postazione di **Baccano di Arcola** a seguito di deposizioni anomale per Piombo e PCB dovute ad una fonte emissiva saltuaria puntuale, a carattere prettamente locale (v. documento Prot. ARPAL nr. 37531 del 20/12/2018), a seguito del ricollocamento della postazione di misura, a partite dal 2018 i valori sono risultati paragonabili a quelli delle altre postazioni extraurbane.

Nella postazione di **Fossamastra** si hanno deposizioni con caratteristiche sostanzialmente analoghe a quelle delle altre postazioni urbane, ma in quantità nettamente maggiore e sostanzialmente confrontabili 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 18³¹ 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.³² La maggiore polverosità è infatti ascrivibile al contributo di polveri più grossolane (>100 µm) molto probabilmente attribuibile al risollevarimento operato dal traffico autoveicolare intenso con significativa componente di mezzi pesanti.

Per il 2020, considerando il basso rateo di deposizione delle diossine nel periodo esaminato e la loro diffusione ubiquitaria nell'area, verranno mantenute le stesse 5 postazioni in cui effettuare il monitoraggio garantendo la rappresentatività dei dati.

Contestualmente, si manterrà il monitoraggio continuativo su tutto l'anno presso la postazione di Melara, area indicata dal modello diffusionale della prescrizione 15 come soggetta alla massima deposizione delle emissioni CTE ENEL, e continueranno gli studi per definire i contributi delle varie sorgenti al PM₁₀ in due postazioni della RQA opportunamente scelte (Fossamastra e Maggiolina).

Inoltre, dato che gli andamenti di PM₁₀ analizzati nel corso dei diversi anni di monitoraggio sono sempre risultati in linea col resto della RQA della Spezia che presenta già 7 postazioni di monitoraggio di questo parametro, nel 2020 non verranno effettuati i monitoraggi aggiuntivi di questo parametro nelle postazioni di Chiappa, Le Grazie e Follo; tale attività sarà sostituita con l'implementazione di un modello multi sorgente in modo da meglio valutare gli effetti delle diverse sorgenti emmissive sulle concentrazioni degli inquinanti.

³¹ gli studi hanno rilevato limitata presenza di carbone incombusto nelle deposizioni di Fossamastra.

³² 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".

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.Cuneo (2013). Deposizioni PCDD PCDF Valle Vermentagna Febbraio 2013.

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.

Cesari D., Donato 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 della 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.

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.

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/>.

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. (2006). 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*.

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.

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). *Environment of Science Pollution Research* 6, 159.

Szidat, S., Ruff, M., Perron, N., Wacker, L., Synal, H.-A., Hallquist, M., Shannigrahi, A. S., Yttri, K. E., Dye, C., and Simpson, D.: Fossil and non-fossil sources of organic carbon (OC) and elemental carbon (EC) in Göteborg, Sweden, *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 1521–1535, 2009.

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.

Viviano G, Settimo, G. et al. Istituto Superiore Sanità 2012. Le deposizioni 2012

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*

APPENDICE 2

PRECIPITAZIONI DURANTE I PERIODI DI MONITORAGGIO

Valori in millimetri (mm) di precipitazione.
Campagna P14 19/1 - dal 14/03/2019 al 17/04/2019

Giorno Settimana	Data	Follo	Le Grazie	Bolano	La Spezia
Ven	14/03/2019	0	0	0	0
Sab	15/03/2019	0	0	0	0
Dom	16/03/2019	0	0	0	0
Lun	17/03/2019	1	0,2	0	0,4
Mar	18/03/2019	4	1	3,6	0,4
Mer	19/03/2019	0	0	0	0
Gio	20/03/2019	0	0	0	0
Ven	21/03/2019	0	0	0	0
Sab	22/03/2019	0	0	0	0
Dom	23/03/2019	0	0	0	0
Lun	24/03/2019	0	0	0	0
Mar	25/03/2019	0	0	0	0
Mer	26/03/2019	1,2	0	0	0,6
Gio	27/03/2019	0	0	0	0
Ven	28/03/2019	0	0	0	0
Sab	29/03/2019	0	0	0	0
Dom	30/03/2019	0	0	0	0
Lun	31/03/2019	0	0	0	0
Mar	01/04/2019	0	0	0	0
Mer	02/04/2019	0	0	0	0
Gio	03/04/2019	22,8	11,0	20,4	22,2
Ven	04/04/2019	101,4	92,8	131,0	68,8
Sab	05/04/2019	0,4	0	0	0
Dom	06/04/2019	0	0	0	0
Lun	07/04/2019	4	11	2	7,8
Mar	08/04/2019	0	0	0	0
Mer	09/04/2019	0	0	0	0
Gio	10/04/2019	1	0	1,2	1,2
Ven	11/04/2019	3	1,6	1,8	1,4
Sab	12/04/2019	4	0,6	0,2	1
Dom	13/04/2019	2,6	2	0,6	6,8
Lun	14/04/2019	23,4	38,6	27,8	24,6
Mar	15/04/2019	0	0	0	0
Mer	16/04/2019	0	0	0	0
Gio	17/04/2019	0	0	0	0
Ven	18/04/2019	0	0	0	0
Totale (mm)		168,8	158,8	189,4	135,2

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



Campagna P14 19/2 - dal 20/06/2019 al 24/07/2019

Giorno Settimana	Data	Follo	Le Grazie	Bolano	La Spezia
Ven	20/06/2019	0	0	0	0
Sab	21/06/2019	0	0	0	0
Dom	22/06/2019	4,8	6,2	3,2	4
Lun	23/06/2019	0	0	0	0
Mar	24/06/2019	0	0	0	0
Mer	25/06/2019	0	0	0	0
Gio	26/06/2019	0	0	0	0
Ven	27/06/2019	0	0	0	0
Sab	28/06/2019	0	0	0	0
Dom	29/06/2019	0	0	0	0
Lun	30/06/2019	0	0	0	0
Mar	01/07/2019	0	0	0	0
Mer	02/07/2019	0	0	0	0
Gio	03/07/2019	0	0	0	0
Ven	04/07/2019	0	0	0	0
Sab	05/07/2019	0	0	0	0
Dom	06/07/2019	0	0	0	0
Lun	07/07/2019	29,4	13,8	19,8	15,6
Mar	08/07/2019	0	0	0	0
Mer	09/07/2019	1,2	0	1,2	0
Gio	10/07/2019	0	0	0	0
Ven	11/07/2019	0	0	0	0
Sab	12/07/2019	0	0	0	0
Dom	13/07/2019	0	0	0	0
Lun	14/07/2019	0	0	0	0,8
Mar	15/07/2019	36,6	21,8	28,4	28,4
Mer	16/07/2019	0	0	0	0
Gio	17/07/2019	0	0	0	0
Ven	18/07/2019	0	0	0	0
Sab	19/07/2019	0	0	0	0
Dom	20/07/2019	0	0	0	0
Lun	21/07/2019	0	0	0	0
Mar	22/07/2019	0	0	0	0
Mer	23/07/2019	0	0	0	0
Gio	24/07/2019	0	0	0	0
Totale (mm)		72,0	41,8	52,6	48,8

Campagna P14 19/3 - dal 08/10/2019 al 04/11/2019

Giorno Settimana	Data	Follo	Le Grazie	Bolano	La Spezia
Mer	08/10/2019	0	0	0	nd
Gio	09/10/2019	43,2	26,2	42,4	nd
Ven	10/10/2019	0,2	0	0	nd
Sab	11/10/2019	0	0	0	0
Dom	12/10/2019	0	0	0	0
Lun	13/10/2019	0	0	0	0
Mar	14/10/2019	1,8	1,2	2,2	1
Mer	15/10/2019	22,4	24,8	18,2	15,4
Gio	16/10/2019	0	0	0	0
Ven	17/10/2019	1	2,2	1,0	1,4
Sab	18/10/2019	0	0	0	0
Dom	19/10/2019	11,6	0,8	11,6	3,4
Lun	20/10/2019	2,2	0	1,2	0,4
Mar	21/10/2019	0,2	0	0,8	0
Mer	22/10/2019	0	0	0	0
Gio	23/10/2019	0	0	0	0,2
Ven	24/10/2019	65,4	68,8	51,4	56,2
Sab	25/10/2019	0	0,2	0	0
Dom	26/10/2019	0	0	0	0
Lun	27/10/2019	0	0	0	0
Mar	28/10/2019	0	0	0	0
Mer	29/10/2019	35,4	39,4	28,8	25,2
Gio	30/10/2019	4	0	5,6	1
Ven	31/10/2019	0	0,4	0	0
Sab	01/11/2019	0	0	0	0,4
Dom	02/11/2019	92,6	58,8	101,4	76
Lun	03/11/2019	28,2	12,2	21,4	12
Mar	04/11/2019	2,8	1	4,8	1
Totale (mm)		311,0	236,0	290,8	193,6

Campagna P14 19/4 - dal 07/11/2019 al 11/11/2019

Giorno Settimana	Data	Follo	Le Grazie	Bolano	La Spezia
Ven	07/11/2019	14,2	9,6	13,00	13,2
Sab	08/11/2019	26,4	16,4	26,00	34
Dom	09/11/2019	6,6	3,2	6,20	1
Lun	10/11/2019	0	0	0,00	0
Mar	11/11/2019	11,2	12,6	7,00	10,8
Mer	12/11/2019	2	1,8	0,60	1,2
Gio	13/11/2019	0,4	0,8	0,00	0
Ven	14/11/2019	0,2	0,2	0,00	0,6
Sab	15/11/2019	37	30,2	29,20	24
Dom	16/11/2019	14,6	15,2	22,40	15,6
Lun	17/11/2019	8	8,6	12,40	12,2
Mar	18/11/2019	49,8	43,2	43,20	40
Mer	19/11/2019	25	13,6	29,40	22,4
Gio	20/11/2019	2	7	0,80	0
Ven	21/11/2019	11,2	12,2	14,00	0
Sab	22/11/2019	14	8	12,60	0
Dom	23/11/2019	39	30,4	52,40	23,6
Lun	24/11/2019	10,6	6	13,20	6,4
Mar	25/11/2019	0,2	0,2	0,00	0
Mer	26/11/2019	0,4	0	0,60	0,2
Gio	27/11/2019	24,6	14,8	24,00	14,4
Ven	28/11/2019	1,4	0,2	2,40	0,2
Sab	29/11/2019	1	0	0,20	0,2
Dom	30/11/2019	0,2	0	0,00	0
Lun	01/12/2019	12,2	2	18,80	5,8
Mar	02/12/2019	41,4	5	31,40	7
Mer	03/12/2019	0	0	0,00	0
Gio	04/12/2019	0	0	0,00	0
Ven	05/12/2019	0	0	0,00	0
Sab	06/12/2019	1	0,2	2,60	0,4
Dom	07/12/2019	0,2	0	0,00	0,4
Lun	08/12/2019	3,2	1,4	2,20	0,8
Mar	09/12/2019	2,4	0,8	4,60	2,2
Mer	10/12/2019	0	0	0,00	0
Gio	11/12/2019	0	0	0,00	0,4
Ven	12/12/2019	15,8	9,8	15,20	nd
Totale (mm)		376,2	253,4	384,4	237

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation

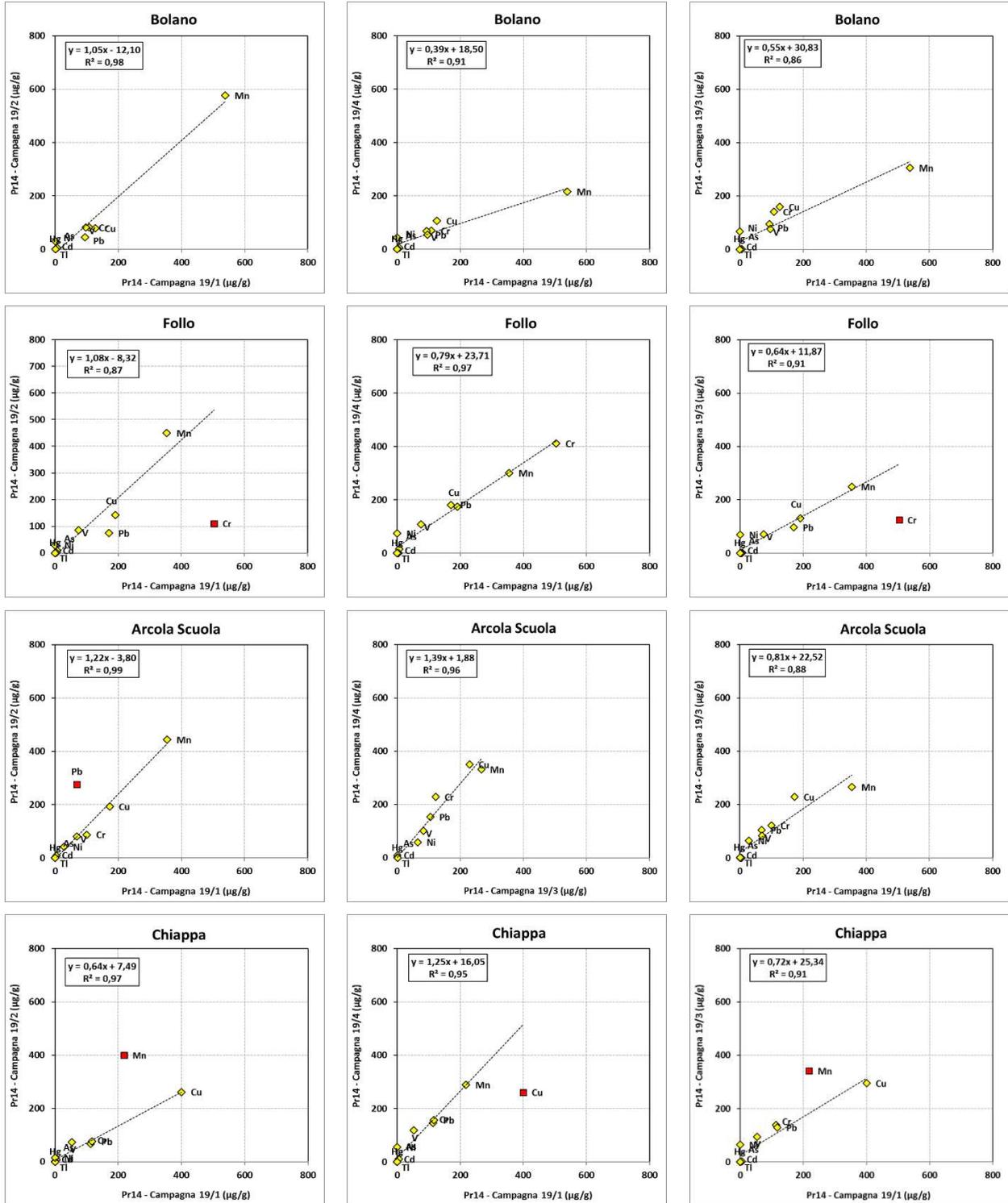


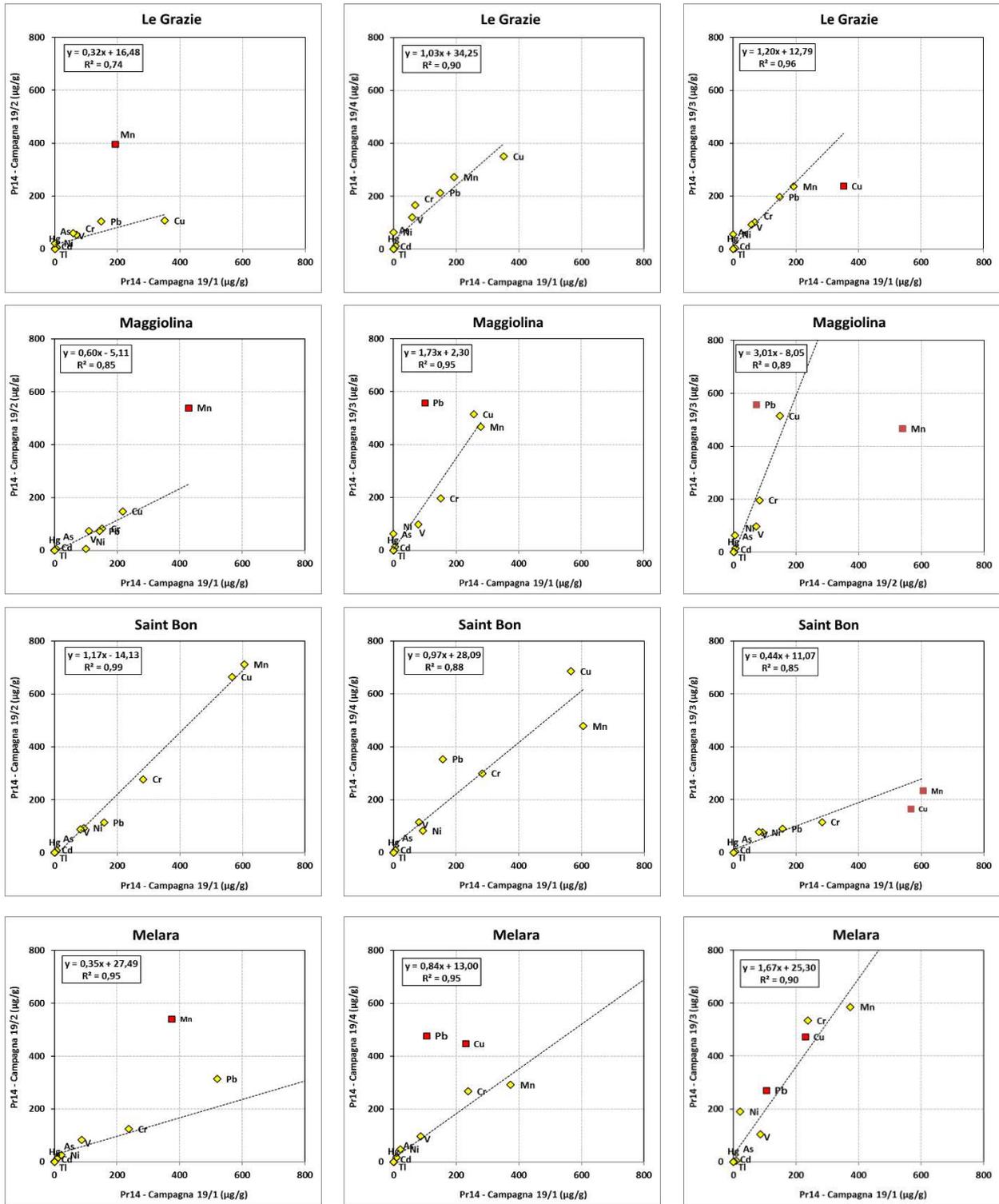
CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
BS OHSAS 18001

APPENDICE 3

CORRELAZIONE METALLI NELLE SINGOLE POSTAZIONI, DURANTE LE CAMPAGNE 2019

Lo scopo dell'analisi è stato evidenziare possibili analogie nella composizione delle deposizioni tra un periodo di monitoraggio e l'altro, e valutare i metalli che si discostano sensibilmente da una correlazione lineare, evidenziandoli in rosso nelle figure.





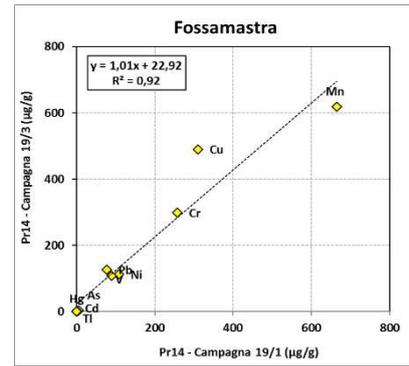
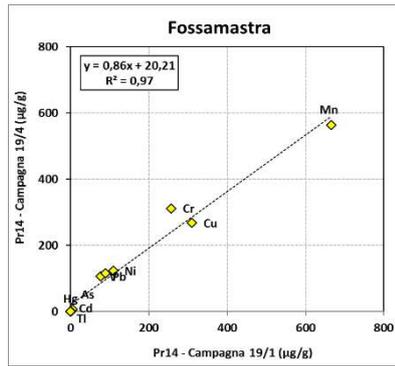
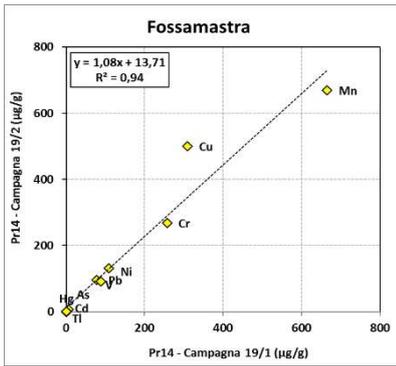


ARPAL

Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

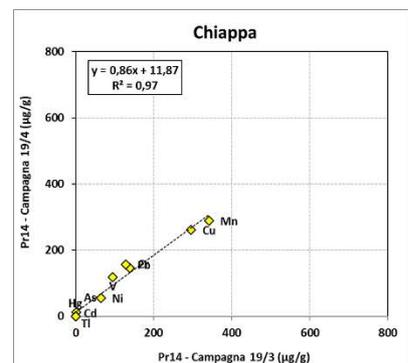
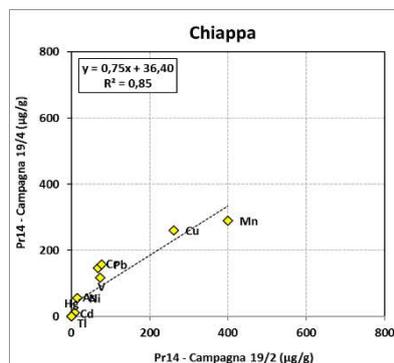
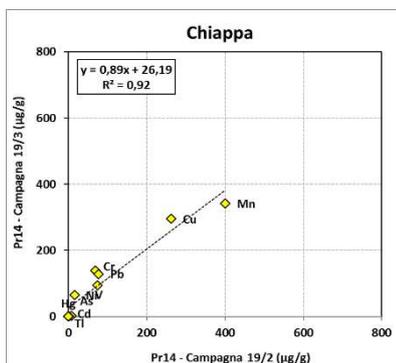
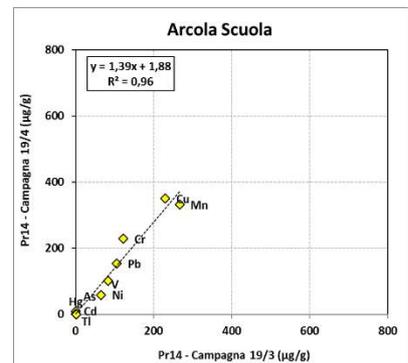
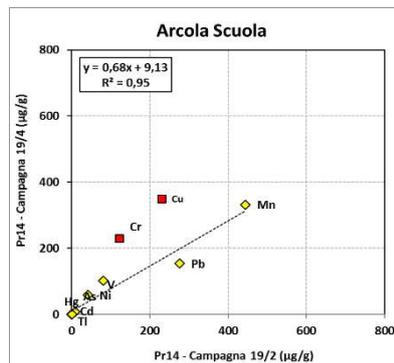
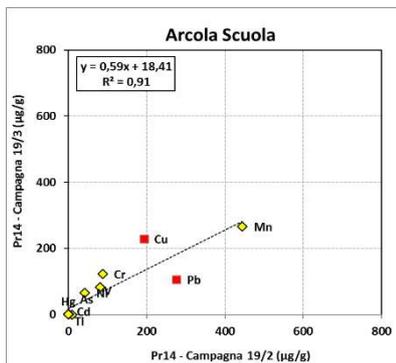
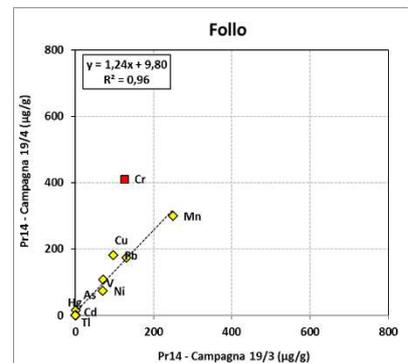
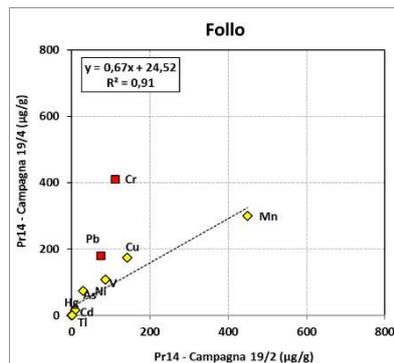
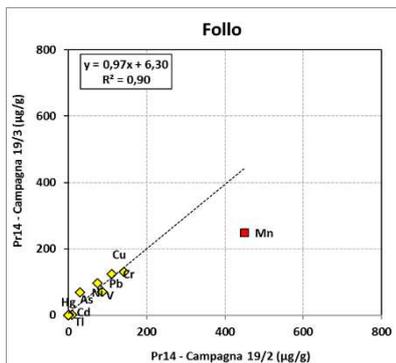
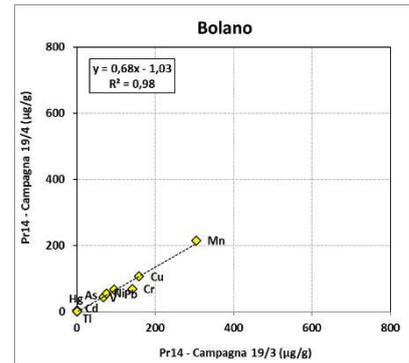
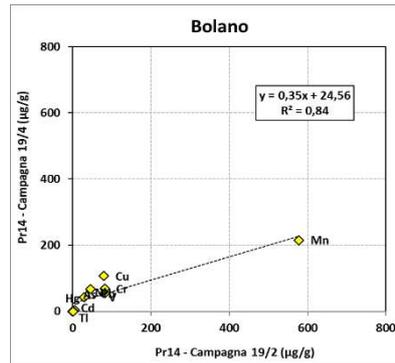
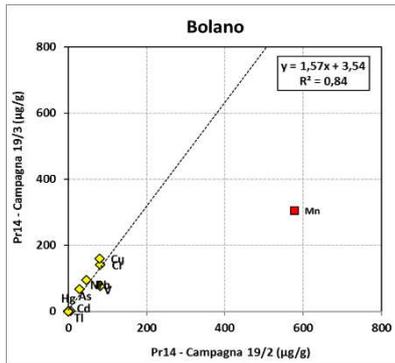


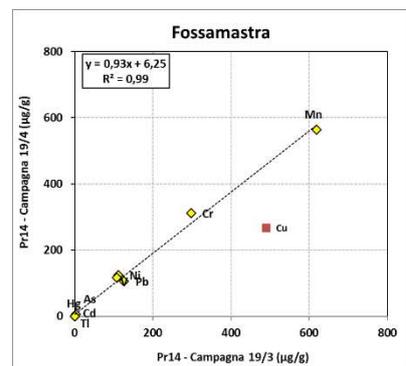
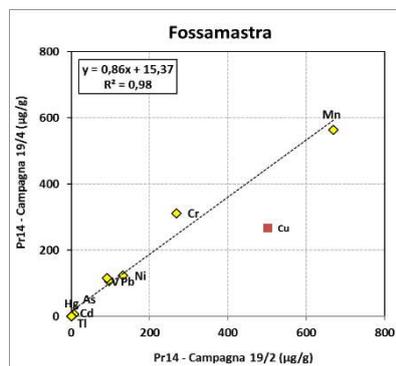
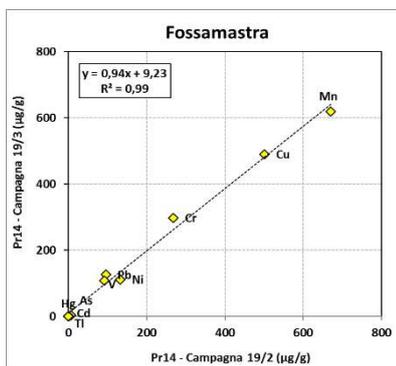
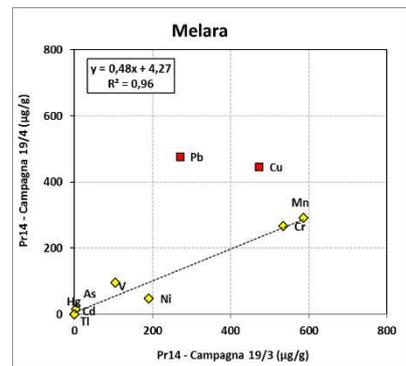
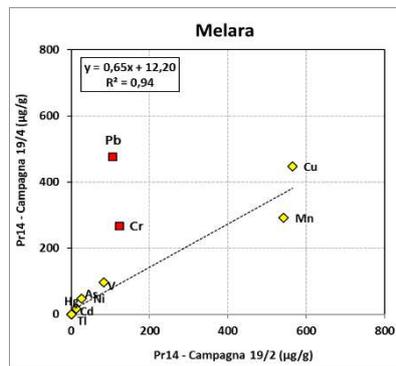
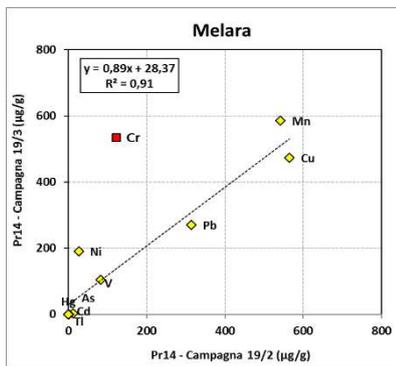
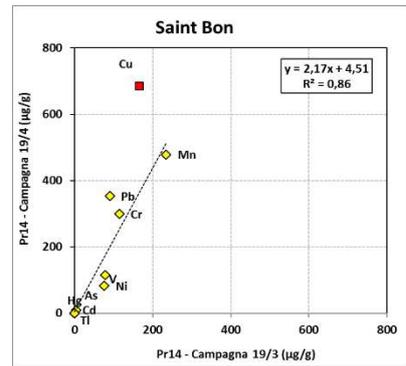
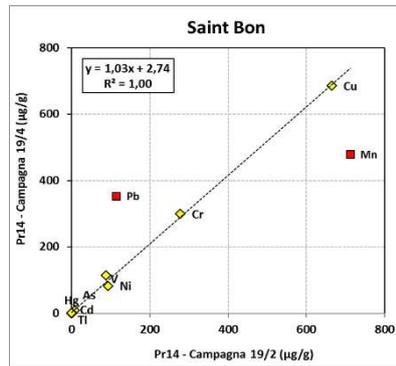
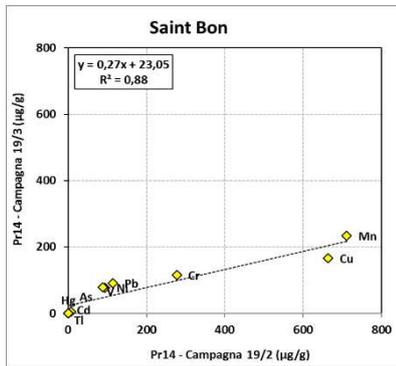
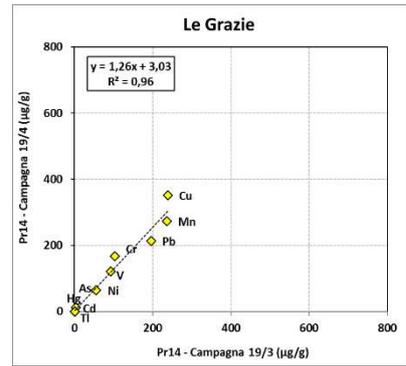
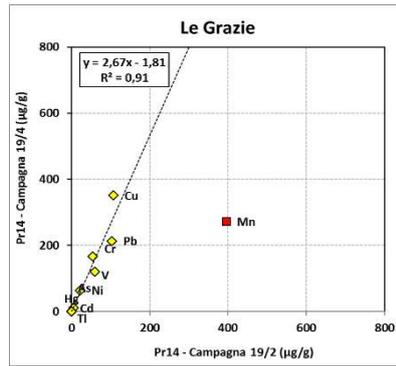
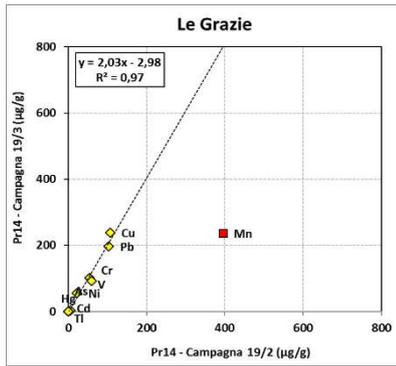
Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
BS OHSAS 18001





APPENDICE 4

CONCENTRAZIONI DI PM10 NELLE POSTAZIONI DI CHIAPPA, LE GRAZIE E FOLLO

I valori evidenziati in verde sono stati determinati gravimetricamente da ARPAL.
Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Campagna P14 19/1 - dal 14/03/2019 al 17/04/2019

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Follo
Gio	14/03/19	15,6	14,3	12,1
Ven	15/03/19	19,7	22,8	21,0
Sab	16/03/19	23,4	21,3	25,0
Dom	17/03/19	19,5	19,5	17,5
Lun	18/03/19	9,1	9,8	6,4
Mar	19/03/19	4,9	3,7	2,1
Mer	20/03/19	6,5	9,4	8,1
Gio	21/03/19	11,6	11,0	9,8
Ven	22/03/19	14,4	11,8	12,1
Sab	23/03/19	14,2	13,2	12,0
Dom	24/03/19	17,4	16,5	17,4
Lun	25/03/19	17,7	18,7	23,8
Mar	26/03/19	6,2	7,7	4,0
Mer	27/03/19	9,8	5,8	
Gio	28/03/19	10,9	8,3	11,4
Ven	29/03/19	12,6	9,2	12,1
Sab	30/03/19		11,3	23,8
Dom	31/03/19	22,5	17,7	24,3
Lun	01/04/19	22,5	21,7	24,1
Mar	02/04/19	22,3	21,3	15,3
Mer	03/04/19	17,7	18,2	15,9
Gio	04/04/19	19,6	16,0	11,2
Ven	05/04/19	9,0	8,4	7,2
Sab	06/04/19	12,5	12,0	12,0
Dom	07/04/19	6,5	1,8	9,0
Lun	08/04/19	4,7	3,2	5,3
Mar	09/04/19	11,5	9,4	9,6
Mer	10/04/19	9,8	8,5	6,8
Gio	11/04/19	9,6	5,1	11,7
Ven	12/04/19	6,1	7,5	6,6
Sab	13/04/19	9,4	7,8	8,1
Dom	14/04/19	4,8	3,8	2,3
Lun	15/04/19	7,1	8,0	7,5
Mar	16/04/19	11,7	9,0	11,5
Mer	17/04/19	15,8	13,1	17,3

Campagna P14 19/2 - dal 20/06/2019 al 24/07/2019

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Follo
Gio	20/06/19	21,6		
Ven	21/06/19			17,9
Sab	22/06/19	19,1	20,0	18,1
Dom	23/06/19	14,0	13,8	14,1
Lun	24/06/19		13,2	10,6
Mar	25/06/19	16,0	16,5	14,9
Mer	26/06/19		27,7	18,8
Gio	27/06/19	19,6	22,8	19,3
Ven	28/06/19	26,5	24,0	25,9
Sab	29/06/19	25,3		22,8
Dom	30/06/19	23,3	24,7	21,8
Lun	01/07/19	19,5	21,6	20,3
Mar	02/07/19	19,0	19,9	17,3
Mer	03/07/19	20,5	20,4	20,4
Gio	04/07/19	19,0	19,3	18,5
Ven	05/07/19	18,5	23,7	19,2
Sab	06/07/19	20,3	19,2	20,3
Dom	07/07/19	25,2	21,4	24,8
Lun	08/07/19	30,7	27,3	30,7
Mar	09/07/19	34,0	22,9	24,9
Mer	10/07/19	14,6	10,8	13,5
Gio	11/07/19	13,5	12,0	12,8
Ven	12/07/19	16,3	14,7	15,7
Sab	13/07/19	15,3	15,9	14,5
Dom	14/07/19	11,6	11,8	12,0
Lun	15/07/19	10,3	7,7	7,4
Mar	16/07/19	11,0	9,8	9,7
Mer	17/07/19	10,8	9,8	11,7
Gio	18/07/19	12,2	12,3	13,5
Ven	19/07/19	15,8	14,3	14,9
Sab	20/07/19	15,6	15,3	15,0
Dom	21/07/19	15,8	15,0	16,6
Lun	22/07/19	16,4	16,4	20,2
Mar	23/07/19	16,8	17,2	17,5
Mer	24/07/19	18,3	17,8	20,3

Campagna P14 19/3 - dal 08/10/2019 al 04/11/2019

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Follo
Mar	08/10/19	12,2	11,6	9,3
Mer	09/10/19	12,8	14,1	10,5
Gio	10/10/19	24,5	24,8	25,5
Ven	11/10/19	16,7	19,0	18,0
Sab	12/10/19	19,3	20,6	19,5
Dom	13/10/19	20,0	20,5	18,3
Lun	14/10/19	24,5	26,7	21,6
Mar	15/10/19	33,0	34,4	22,6
Mer	16/10/19	20,6	20,9	12,9
Gio	17/10/19	13,3	14,7	8,0
Ven	18/10/19	16,7	17,3	12,8
Sab	19/10/19	16,8	16,8	15,3
Dom	20/10/19	20,1	18,4	16,7
Lun	21/10/19	27,5	25,9	24,2
Mar	22/10/19	23,4	24,0	23,2
Mer	23/10/19	23,0	24,0	21,7
Gio	24/10/19	15,4	16,0	13,3
Ven	25/10/19	13,8	16,4	12,3
Sab	26/10/19	19,7	23,5	19,9
Dom	27/10/19	18,6	20,7	17,3
Lun	28/10/19	24,5	24,6	23,8
Mar	29/10/19	18,1	8,3	17,8
Mer	30/10/19	14,7	15,1	9,4
Gio	31/10/19	13,9	19,0	15,8
Ven	01/11/19	7,5	6,2	11,4
Sab	02/11/19	10,9	10,2	7,8
Dom	03/11/19	15,7	15,5	13,3
Lun	04/11/19	19,6	22,1	18,2

Campagna P14 19/4 - dal 07/11/2019 al 11/11/2019

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Follo
Gio	07/11/19	11,1	10,6	14,7
Ven	08/11/19	10,4	11,5	15,1
Sab	09/11/19	3,9	7,6	15,6
Dom	10/11/19	9,4	7,5	15,3
Lun	11/11/19	9,3	8,2	10,2
Mar	12/11/19	8,1	7,6	8,2
Mer	13/11/19	6,7	9,0	9,2
Gio	14/11/19	12,3	14,3	14,5
Ven	15/11/19	11,8	12,1	11,1
Sab	16/11/19	7,5	6,4	7,1
Dom	17/11/19	7,6	9,0	6,8
Lun	18/11/19	7,8	9,4	6,0
Mar	19/11/19	9,6	10,3	7,0
Mer	20/11/19	11,5	8,7	11,6
Gio	21/11/19	10,4	7,5	7,2
Ven	22/11/19	11,6	8,5	7,6
Sab	23/11/19	14,0	19,2	12,4
Dom	24/11/19	8,9	6,9	4,3
Lun	25/11/19	9,5	7,5	6,8
Mar	26/11/19	17,4	14,6	21,0
Mer	27/11/19	18,5	14,9	15,0
Gio	28/11/19	20,9	22,9	24,0
Ven	29/11/19	19,6	19,7	19,7
Sab	30/11/19	16,2	18,0	20,6
Dom	01/12/19	15,0	17,7	14,4
Lun	02/12/19	14,5	13,0	14,8
Mar	03/12/19	6,1	6,0	6,0
Mer	04/12/19	9,8	9,3	11,6
Gio	05/12/19	11,9	15,9	11,3
Ven	06/12/19	14,5	19,5	16,1
Sab	07/12/19	25,5	22,5	23,2
Dom	08/12/19	19,7	16,1	21,3
Lun	09/12/19	14,2	14,4	14,5
Mar	10/12/19	7,2	6,9	6,6
Mer	11/12/19	13,7	12,0	4,2

APPENDICE 5

DESCRIZIONE DELLE POSTAZIONI

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

Postazione	BOLANO - BL
Tipologia	fondo suburbano
Coordinate-quota	44°11'19.87"N - 9°53'52.21"E - 340 m slm
Parametri monitorati (*)	metalli – IPA – PCB d/ – Diossine – specie ioniche - meteo



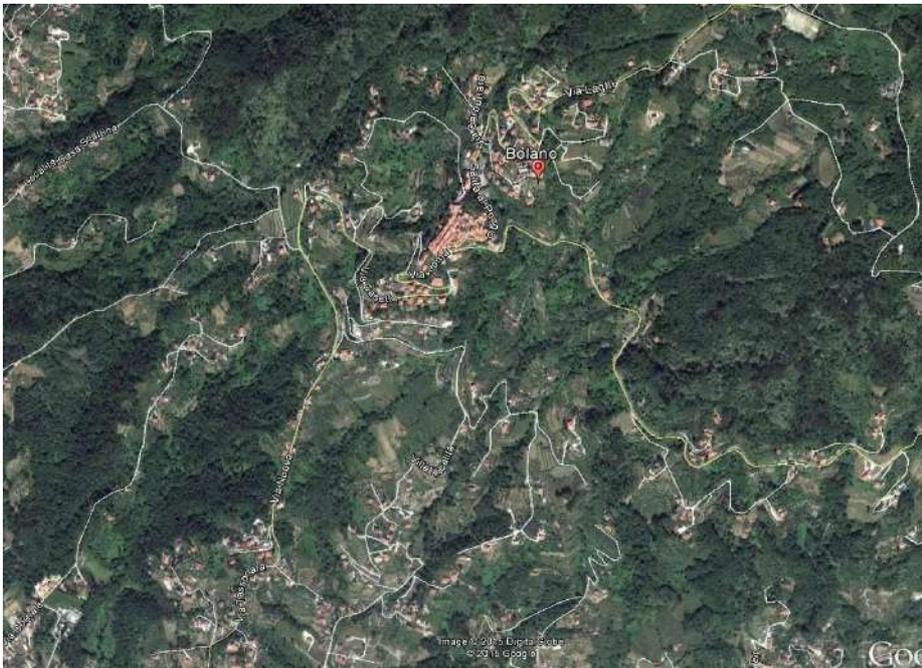
Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è ai margini del piazzale del cimitero.

Il sito dal punto di vista orografico è aperto per le direzioni dei venti che vanno da W a E passando per S, mentre a N la collina si alza per circa ulteriori 100 m fino allo spartiacque tra bacino del Vara e del Magra

A S si segnala la presenza di un filare di alberi ad alto fusto perenni; a meno di 20 m hanno inizio i primi terreni prevalentemente coltivati ad ulivo.

A circa 600 m, in direzione S-SE e ad una quota di 275 m, è posta la postazione della RQA di Bolano presso la quale non è stato possibile posizionare la strumentazione integrativa a causa del ridotto spazio disponibile in prossimità della cabina e della folta vegetazione circostante.



	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	-	-	
Umidità relativa	LASTEM	-	-	
Radiazione solare globale	LASTEM	-	-	
Precipitazione	LASTEM	-	-	
Pressione atmosferica	LASTEM	-	-	
Velocità e direzione vento	LASTEM	-	-	su palo a 10 m

(*) 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



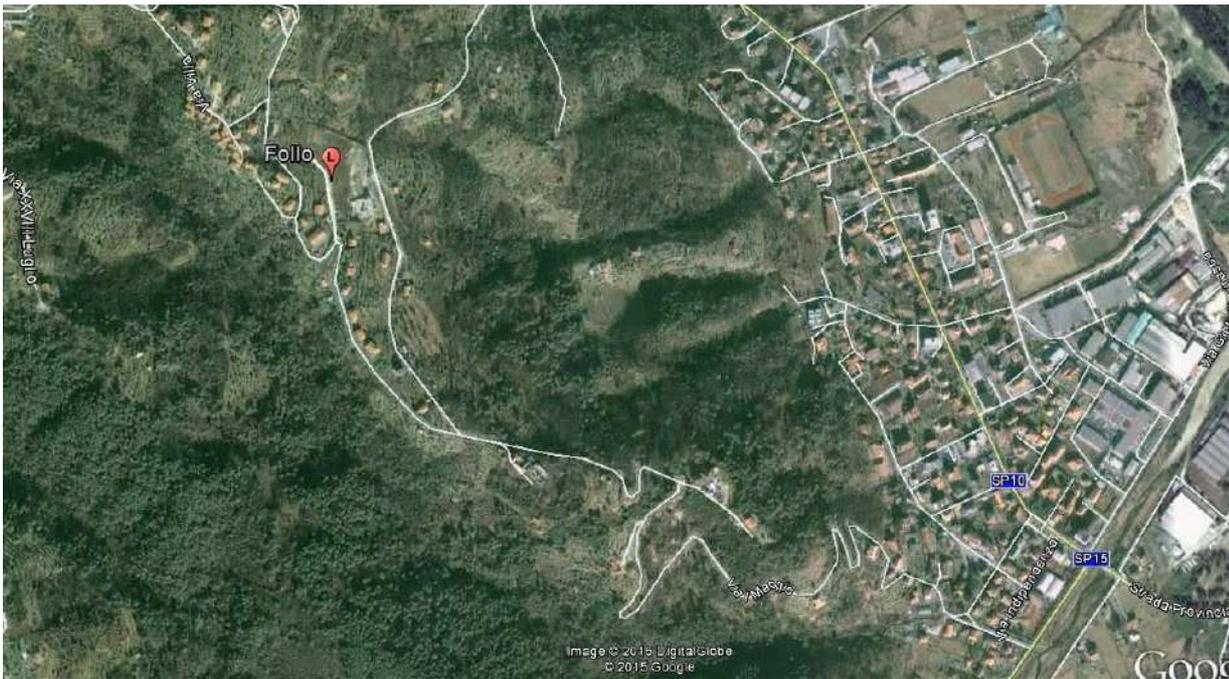
Note caratteristiche del sito

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	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	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	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	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



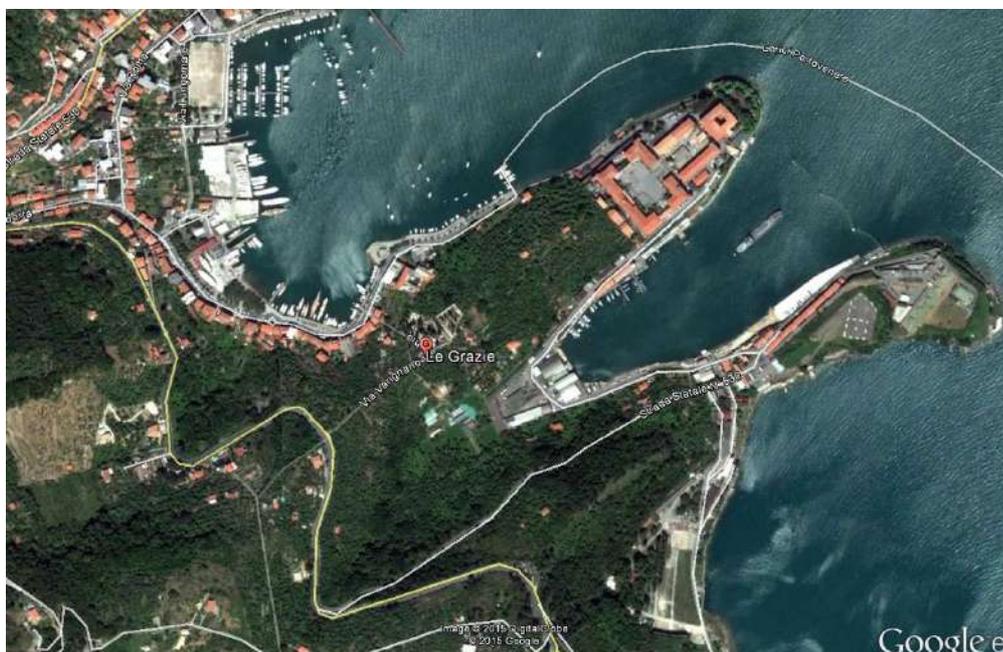
Note caratteristiche del sito

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	Scuola di Baccano di ARCOLA – AR
Tipologia	fondo suburbano
Coordinate-quota	44.111165°- 9.897212°- 135 m slm
Parametri monitorati (*)	metalli – IPA – PCB dl – Diossine



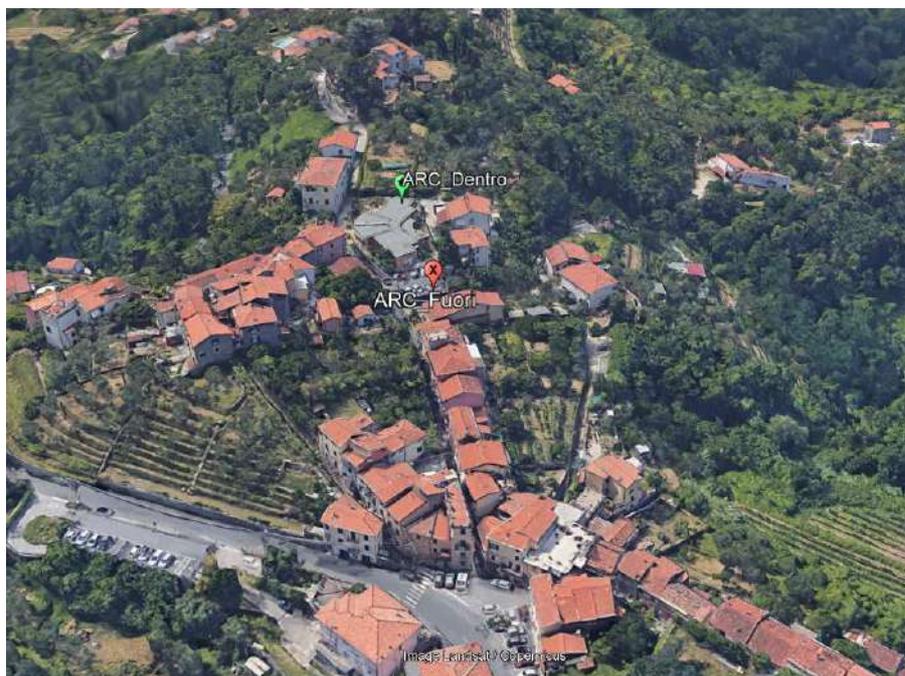
Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è posto all'interno del giardino della scuola primaria di Baccano, in prossimità dello spartiacque tra Golfo e Valle del Magra, ad una distanza inferiore a 50 m dal punto di misura posto nel piazzale, in direzione N.

Il sito è sufficientemente aperto specie per le direzioni di vento da W; si segnala in direzione N la presenza di un parziale ostacolo costituito dall'edificio scolastico.

Nell'intorno si segnala la presenza di terreni coltivati.

Nella mappa sottostante è evidenziato in rosso il sito utilizzato fino al 2018 ed in verde quello attuale.



	marca	modello	S/N	note
Deposimetro organici (*)	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in Pirex
Deposimetro inorganici (*)	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in plastica

(*) Monitoraggio integrativo realizzato nell'ambito della Prescrizione 14

APPENDICE 6

TABELLE DI SINTESI DEPOSIZIONE E COMPOSIZIONE 2014÷2019

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



A.6.1. APPENDICE - Rateo delle polveri nelle deposizioni e precipitazione cumulata (2014 – 2019)

Postazione	Anno	Campagna	Rateo delle polveri [mg/m2/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
	2016	P14 16/1	41	179
		P14 16/2	48	46
		P14 16/3	70	30
	2017	P14 16/4	28	37
		P14 17/1	12	312
		P14 17/2	29	80
		P14 17/3	29	13
	2018	P14 17/4	16	2
		P14 18/1	8	133
		P14 18/2	84	233
		P14 18/3	145	76
	2019	P14 18/4	284	279
		P14 19/1	40	211
		P14 19/2	47	58
P14 19/3		24	340	
Follo	2014	P14 14/0	32	49
		P14 14/1	27	84
		P14 14/2	7	70
	2015	P14 15/1	5	162
		P14 15/2	26	63
		P14 15/3	10	0
		P14 15/4	47	258
	2016	P14 16/1	21	142
		P14 16/2	62	63
		P14 16/3	31	2
	2017	P14 16/4	14	21
		P14 17/1	12	357
		P14 17/2	30	90
		P14 17/3	27	3
	2018	P14 17/4	9	3
		P14 18/1	9	170
		P14 18/2	109	202
		P14 18/3	30	6
	2019	P14 18/4	373	342
		P14 19/1	23	201
		P14 19/2	37	75
P14 19/3		24	323	
Arcola	2014	P14 19/4	13	396
		P14 14/0	22	40
		P14 14/1	66	142
	2015	P14 14/2	13	19
		P14 15/1	12	155
		P14 15/2	29	78
		P14 15/3	19	0
	2016	P14 15/4	38	291
		P14 16/1	38	141
		P14 16/2	51	83
		P14 16/3	27	0
	2017	P14 16/4	24	43
		P14 17/1	12	280
		P14 17/2	32	66
		P14 17/3	24	0
	2018	P14 17/4	12	2
		P14 18/1	10	91
		P14 18/2	58	162
		P14 18/3	36	6
	2019	P14 18/4	316	205

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Postazione	Anno	Campagna	Rateo delle polveri (µg/m ² /d)	Precipitazione cumulata (mm)
Le Grazie	2019	P14 19/1	59	216
		P14 19/2	37	62
		P14 19/3	17	261
		P14 19/4	16	350
	2014	P14 14/0	31	21
		P14 14/1	7	182
		P14 14/2	18	8
	2015	P14 15/1	12	154
		P14 15/2	22	80
		P14 15/3	15	0
		P14 15/4	32	136
	2016	P14 16/1	24	123
		P14 16/2	38	91
		P14 16/3	33	0
		P14 16/4	22	2
	2017	P14 17/1	11	198
		P14 17/2	43	64
		P14 17/3	24	0
		P14 17/4	16	3
	2018	P14 18/1	10	116
P14 18/2		73	110	
P14 18/3		35	5	
P14 18/4		322	227	
2019	P14 19/1	28	213	
	P14 19/2	48	32	
	P14 19/3	21	286	
	P14 19/4	15	322	
Chiappa	2014	P14 14/0	22	28
		P14 14/1	29	125
		P14 14/2	15	30
	2015	P14 15/1	11	170
		P14 15/2	17	98
		P14 15/3	17	0
		P14 15/4	29	283
	2016	P14 16/1	35	169
		P14 16/2	50	76
		P14 16/3	28	1
		P14 16/4	44	68
	2017	P14 17/1	12	357
		P14 17/2	30	89
		P14 17/3	14	0
		P14 17/4	33	2
	2018	P14 18/1	11	148
		P14 18/2	87	140
		P14 18/3	76	6
		P14 18/4	464	306
	2019	P14 19/1	23	134
P14 19/2		32	62	
P14 19/3		25	302	
P14 19/4		20	490	
Maggiolina	2014	P14 14/0	24	22
		P14 14/1	77	148
		P14 14/2	27	16
	2015	P14 15/1	22	188
		P14 15/2	156	75
		P14 15/3	28	0
		P14 15/4	59	222
	2016	P14 16/1	40	144
		P14 16/2	58	87
		P14 16/3	35	0
		P14 16/4	31	71
	2017	P14 17/1	19	315
		P14 17/2	39	70
		P14 17/3	37	0
		P14 17/4	20	2
	2018	P14 18/1	14	140
		P14 18/2	104	149
		P14 18/3	71	6
		P14 18/4	430	227
	2019	P14 19/1	52	243
P14 19/2		43	62	
P14 19/3		27	284	
P14 19/4		nd	nd	

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Postazione	Anno	Campagna	Rateo delle polveri (µg/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
	2016	P14 16/1	54	156
		P14 16/2	70	83
		P14 16/3	46	0
	2017	P14 16/4	48	48
		P14 17/1	34	347
		P14 17/2	49	64
		P14 17/3	45	0
	2018	P14 17/4	34	2
		P14 18/1	26	128
		P14 18/2	104	118
		P14 18/3	64	10
	2019	P14 18/4	441	263
		P14 19/1	59	153
		P14 19/2	55	54
P14 19/3		39	318	
Fossamastra	2014	P14 19/4	31	400
		P14 14/0	137	23
		P14 14/1	195	140
	2015	P14 14/2	54	9
		P14 15/1	171	155
		P14 15/2	174	78
		P14 15/3	135	0
	2016	P14 15/4	137	211
		P14 16/1	200	136
		P14 16/2	151	77
	2017	P14 16/3	143	0
		P14 16/4	122	45
		P14 17/1	132	263
		P14 17/2	119	70
	2018	P14 17/3	137	0
		P14 17/4	96	2
		P14 18/1	109	133
		P14 18/2	158	117
	2019	P14 18/3	139	7
		P14 18/4	498	253
		P14 19/1	252	194
P14 19/2		175	53	
Melara	2015	P14 19/3	85	280
		P14 19/4	92	377
		P14 15/3	18	0
	2016	P14 15/4	32	263
		P14 16/1	33	127
		P14 16/2	52	74
		P14 16/3	28	0
	2017	P14 16/4	57	112
		P14 17/1	16	257
		P14 17/2	33	66
		P14 17/3	23	0
	2018	P14 17/4	11	2
		P14 18/1	10	109
		P14 18/2	97	131
		P14 18/3	22	6
2019	P14 18/4	349	264	
	P14 19/1	24	188	
	P14 19/2	48	52	
	P14 19/3	27	278	
P14 19/4	14	370		

A.6.2. APPENDICE - Rateo dei metalli nelle deposizioni (2014 - 2019)

		Rateo dei metalli nelle deposizioni - [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]										
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano	2014	P14 14/0	0,15	0,024	0,008	0,012	1,91	1,11	2,56	2,34	14,80	1,33
		P14 14/1	0,13	0,033	0,019	0,010	7,77	1,61	2,15	3,14	9,46	1,47
		P14 14/2	0,08	0,005	0,014	0,004	2,43	0,70	0,78	1,86	3,43	0,83
	2015	P14 15/1	0,13	0,009	0,008	0,005	3,88	2,25	2,44	3,84	11,55	1,85
		P14 15/2	0,10	0,012	0,012	0,004	0,73	1,32	1,18	2,30	7,44	1,33
		P14 15/3	0,09	0,010	0,041	0,005	6,73	1,14	0,82	2,58	11,44	1,19
	2016	P14 15/4	0,22	0,054	0,029	0,004	0,07	0,01	2,86	3,65	13,50	1,97
		P14 16/1	0,23	0,127	0,004	0,004	8,14	7,43	3,07	3,19	27,43	3,22
		P14 16/2	0,16	0,022	0,008	0,005	3,19	1,82	1,63	3,25	21,97	2,37
	2017	P14 16/3	0,14	0,021	0,113	0,005	11,09	8,68	1,77	4,57	46,28	3,56
		P14 16/4	0,09	0,012	0,004	0,004	2,82	1,16	1,53	3,34	17,53	1,59
		P14 17/1	0,04	0,004	0,009	0,004	1,78	1,52	2,15	1,62	11,04	1,25
	2018	P14 17/2	0,12	0,016	0,003	0,005	3,45	0,79	1,80	2,88	16,32	1,79
		P14 17/3	0,12	0,012	0,002	0,004	2,87	0,01	1,41	2,74	29,63	2,09
		P14 17/4	0,11	0,005	0,002	0,005	2,67	0,36	1,25	3,24	11,40	1,43
	2019	P14 18/1	<0,01	<0,008	0,010	<0,01	0,71	<0,01	0,98	0,66	2,38	0,80
		P14 18/2	0,51	0,029	<0,010	<0,01	4,45	2,65	5,17	4,18	61,92	5,41
		P14 18/3	0,32	0,020	<0,008	<0,01	4,90	1,65	2,58	6,58	54,34	4,41
	2019	P14 18/4	2,08	0,041	<0,011	<0,01	20,53	10,96	8,59	11,38	90,21	23,07
		P14 19/1	0,25	0,025	0,008	0,010	4,34	0,01	3,76	5,06	21,59	3,86
P14 19/2		0,24	0,026	0,008	0,010	3,83	1,37	2,14	3,73	27,06	3,83	
P14 19/3		0,02	0,011	0,011	0,010	3,40	1,62	2,28	3,82	7,33	1,82	
Follo	2014	P14 19/4	0,11	0,030	0,008	0,010	1,68	1,05	1,65	2,60	5,24	1,32
		P14 14/0	0,15	0,024	0,006	0,012	10,41	3,80	2,38	3,79	16,82	2,31
		P14 14/1	0,17	0,025	0,008	0,008	12,52	1,62	2,50	2,44	11,16	1,87
	2015	P14 14/2	0,06	0,017	0,006	0,004	4,04	0,58	0,60	0,94	2,69	0,77
		P14 15/1	0,02	0,005	0,005	0,005	1,00	0,41	0,78	0,02	2,03	0,46
		P14 15/2	0,12	0,012	0,017	0,008	4,49	2,62	1,82	3,45	11,50	2,14
	2016	P14 15/3	0,05	0,004	0,012	0,004	2,94	0,73	2,23	0,97	4,97	0,85
		P14 15/4	0,28	0,058	0,004	0,010	0,69	0,01	3,94	5,18	23,23	3,31
		P14 16/1	0,17	0,008	0,017	0,004	4,17	4,82	2,18	2,43	15,13	2,09
	2017	P14 16/2	0,26	0,030	0,010	0,005	5,69	3,02	3,40	11,95	31,73	3,78
		P14 16/3	0,16	0,013	0,028	0,008	9,81	3,51	1,16	3,39	32,22	2,92
		P14 16/4	0,06	0,008	0,004	0,004	3,73	1,44	0,68	1,61	10,95	1,23
	2018	P14 17/1	0,02	0,004	0,004	0,004	3,27	1,60	1,77	1,29	7,11	1,41
		P14 17/2	0,19	0,025	0,005	0,005	3,22	1,11	2,67	3,30	18,58	2,18
		P14 17/3	0,16	0,012	0,002	0,004	3,45	1,11	1,23	3,54	23,65	2,28
	2019	P14 17/4	0,07	0,005	0,002	0,005	1,73	0,33	0,76	1,94	8,86	1,09
		P14 18/1	0,02	<0,008	0,015	<0,01	5,58	0,08	1,97	3,18	2,93	0,98
		P14 18/2	0,64	0,024	<0,010	<0,01	5,76	4,01	2,85	5,31	59,97	5,78
	2019	P14 18/3	0,20	0,013	<0,008	<0,01	5,36	2,73	1,42	4,15	27,91	2,90
		P14 18/4	3,32	0,129	0,018	<0,01	36,28	17,02	11,62	17,41	226,07	34,11
P14 19/1		0,16	0,089	0,008	0,010	11,52	0,01	3,90	4,38	8,09	1,72	
P14 19/2		0,32	0,025	0,009	0,010	4,06	1,08	2,75	5,25	16,59	3,17	
Arcola	2014	P14 19/3	0,03	0,015	0,011	0,010	2,96	1,64	2,29	3,10	5,91	1,68
		P14 19/4	0,21	0,013	0,008	0,010	5,49	0,99	2,42	2,32	4,01	1,44
		P14 14/0	0,23	0,024	0,006	0,012	2,93	1,35	31,70	3,60	7,56	0,69
	2015	P14 14/1	0,30	0,081	0,028	0,108	11,73	2,93	64,72	5,61	19,61	3,29
		P14 14/2	0,09	0,017	0,009	0,018	3,25	0,96	31,04	2,64	3,29	0,82
		P14 15/1	0,08	0,008	0,008	0,007	2,36	0,80	10,66	1,77	5,98	0,95
	2016	P14 15/2	0,21	0,023	0,034	0,040	8,17	1,72	17,14	4,65	9,42	1,27
		P14 15/3	0,11	0,019	0,038	0,015	4,08	1,43	24,50	3,69	8,05	1,11
		P14 15/4	0,30	0,040	0,020	0,031	0,07	0,01	65,18	7,10	16,18	2,92
	2017	P14 16/1	0,25	0,024	0,010	0,020	5,52	2,97	17,06	5,24	22,92	2,67
		P14 16/2	0,23	0,026	0,007	0,071	4,27	2,35	43,28	6,26	23,11	2,90
		P14 16/3	0,13	0,018	0,039	0,006	4,21	2,12	2,12	4,71	16,03	1,73
2018	P14 16/4	0,18	0,015	0,056	0,036	6,57	2,45	17,89	5,04	13,52	1,63	
	P14 17/1	0,05	0,004	0,009	0,004	2,66	1,61	11,20	4,19	5,89	1,25	
	P14 17/2	0,10	0,005	0,003	0,005	1,82	0,49	5,01	2,97	10,88	1,64	
	P14 17/3	0,11	0,009	0,002	0,004	3,20	1,68	1,70	4,41	13,98	1,52	
2019	P14 17/4	0,09	0,005	0,002	0,005	1,65	0,01	7,25	4,15	5,25	0,82	
	P14 18/1	0,05	<0,008	<0,008	<0,01	2,58	0,28	1,18	1,98	5,14	1,00	

		Rateo dei metalli nelle deposizioni – [µg/m ² /d]										
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Le Grazie	2018	P14 18/2	0,39	0,023	<0,010	<0,01	3,06	1,48	2,09	3,85	40,82	3,92
		P14 18/3	0,13	0,017	<0,008	<0,01	2,20	1,41	1,35	4,84	18,43	1,80
		P14 18/4	2,60	0,084	<0,011	<0,01	26,53	14,46	9,29	18,44	184,69	27,33
	2019	P14 19/1	0,25	0,032	0,008	0,020	5,91	1,64	4,07	10,19	20,94	4,11
		P14 19/2	0,32	0,033	0,008	0,020	3,20	1,52	10,09	7,04	16,19	2,94
		P14 19/3	0,01	0,011	0,022	0,030	2,07	1,10	1,78	3,88	4,51	1,41
		P14 19/4	0,14	0,014	0,008	0,010	3,61	0,93	2,42	5,50	5,22	1,59
	2014	P14 14/0	0,11	0,024	0,011	0,012	6,70	2,09	3,77	6,03	12,22	1,74
		P14 14/1	0,05	0,011	0,014	0,005	3,09	0,67	0,78	1,02	2,93	0,48
		P14 14/2	0,12	0,016	0,009	0,004	6,70	1,34	1,87	2,81	8,63	1,23
	2015	P14 15/1	0,08	0,007	0,008	0,005	0,53	1,74	2,64	3,26	3,08	0,90
		P14 15/2	0,09	0,013	0,014	0,004	0,86	1,29	1,72	3,20	4,21	0,83
		P14 15/3	0,07	0,009	0,036	0,005	2,62	0,64	1,02	2,16	4,44	0,81
		P14 15/4	0,13	0,037	0,005	0,004	0,07	0,01	3,19	4,00	12,82	1,48
	2016	P14 16/1	0,20	0,012	0,013	0,004	3,07	1,59	2,76	4,88	12,13	2,00
		P14 16/2	0,20	0,028	0,011	0,008	3,39	2,52	2,83	5,59	16,48	2,37
		P14 16/3	0,20	0,012	0,035	0,007	5,99	2,27	2,87	4,33	21,64	1,89
		P14 16/4	0,15	0,020	0,037	0,010	7,47	2,22	3,97	4,96	17,46	1,65
	2017	P14 17/1	0,02	0,004	0,004	0,004	1,41	0,95	1,80	1,62	3,02	0,82
		P14 17/2	0,18	0,016	0,003	0,005	2,03	0,27	2,23	3,15	13,81	2,10
P14 17/3		0,16	0,009	0,002	0,004	1,73	0,01	1,90	2,81	14,76	1,50	
P14 17/4		0,14	0,014	0,002	0,005	1,99	0,35	2,45	5,84	10,16	1,30	
2018	P14 18/1	0,05	0,011	<0,008	<0,01	1,10	<0,01	1,57	2,33	2,53	1,00	
	P14 18/2	0,48	0,016	<0,010	<0,01	4,02	2,69	2,44	6,88	44,10	4,84	
	P14 18/3	0,17	0,013	<0,008	<0,01	2,27	1,42	1,56	3,75	17,06	2,20	
	P14 18/4	2,75	0,087	<0,011	<0,01	26,77	16,35	13,05	18,74	182,41	28,97	
2019	P14 19/1	0,19	0,010	0,008	0,010	1,91	0,01	4,10	9,74	5,35	1,63	
	P14 19/2	0,30	0,038	0,009	0,010	2,63	1,06	5,01	5,16	19,12	2,89	
	P14 19/3	0,07	0,016	0,011	0,010	2,19	1,19	4,19	5,10	5,06	1,99	
	P14 19/4	0,17	0,008	0,008	0,010	2,44	0,94	3,13	5,15	4,00	1,76	
Chiappa	2014	P14 14/0	0,13	0,029	0,005	0,015	1,41	0,77	1,79	2,29	7,85	0,89
		P14 14/1	0,16	0,012	0,012	0,023	11,15	1,59	2,55	4,05	10,90	1,80
		P14 14/2	0,11	0,012	0,015	0,008	3,88	1,18	1,42	2,68	4,32	0,91
	2015	P14 15/1	0,08	0,005	0,008	0,005	2,14	0,92	2,04	1,81	3,86	1,08
		P14 15/2	0,09	0,006	0,019	0,004	0,14	0,84	1,47	2,73	3,69	0,99
		P14 15/3	0,09	0,007	0,024	0,005	3,15	0,64	0,86	2,21	4,85	1,03
		P14 15/4	0,21	0,025	0,004	0,005	0,07	3,86	3,61	4,93	9,62	1,73
	2016	P14 16/1	0,22	0,035	0,037	0,004	3,72	10,84	3,01	3,52	18,11	2,57
		P14 16/2	0,25	0,022	0,011	0,005	3,30	2,52	2,76	6,65	26,32	2,94
		P14 16/3	0,15	0,015	0,044	0,010	5,50	3,30	1,37	4,60	19,40	2,05
		P14 16/4	0,06	0,187	0,004	0,004	3,88	0,46	1,51	4,01	14,75	1,41
	2017	P14 17/1	0,03	0,016	0,015	0,004	1,86	1,65	4,23	2,62	4,46	1,56
P14 17/2		0,16	0,024	0,005	0,005	1,39	1,36	2,59	4,63	10,78	1,71	
P14 17/3		0,06	0,004	0,002	0,004	0,79	0,01	1,61	1,70	9,74	0,83	
P14 17/4		0,27	0,015	0,002	0,005	3,09	4,08	4,31	8,14	25,37	2,84	
2018	P14 18/1	<0,01	<0,008	<0,008	<0,01	2,37	0,20	6,68	2,66	3,87	1,32	
	P14 18/2	0,55	0,026	<0,010	<0,01	4,84	2,88	3,29	11,97	50,83	5,18	
	P14 18/3	0,17	0,025	<0,008	<0,01	2,41	2,38	4,51	5,48	19,99	2,07	
	P14 18/4	3,85	0,109	<0,011	<0,01	36,63	21,80	14,20	34,26	254,10	39,30	
2019	P14 19/1	0,12	0,010	0,008	0,010	2,60	0,01	2,68	9,18	5,01	1,22	
	P14 19/2	0,26	0,030	0,009	0,010	2,17	0,48	2,47	8,36	12,76	2,36	
	P14 19/3	0,05	0,011	0,011	0,010	3,54	1,65	3,27	7,50	8,69	2,39	
	P14 19/4	0,24	0,008	0,011	0,010	2,93	1,11	3,14	5,21	5,78	2,37	
Maggiolina	2014	P14 14/0	0,11	0,060	0,012	0,030	11,02	2,79	6,85	8,11	23,36	2,87
		P14 14/1	0,32	0,043	0,026	0,045	25,88	3,24	3,74	6,18	21,90	3,17
		P14 14/2	0,11	0,022	0,008	0,014	13,31	1,53	1,70	3,48	7,20	1,58
	2015	P14 15/1	0,13	0,012	0,014	0,005	9,77	2,11	3,04	4,61	9,08	2,33
		P14 15/2	0,64	0,048	0,037	0,031	7,21	5,89	4,68	13,82	45,12	6,19
		P14 15/3	0,16	0,012	0,004	0,005	5,26	1,75	2,52	8,79	10,68	2,11
		P14 15/4	0,35	0,056	0,040	0,008	0,29	0,01	4,65	11,26	25,22	4,49
	2016	P14 16/1	0,28	0,015	0,012	0,011	4,77	3,71	5,65	8,43	24,32	3,54
		P14 16/2	0,35	0,024	0,010	0,005	19,54	3,44	6,10	10,78	33,81	4,30
		P14 16/3	0,16	0,022	0,036	0,006	13,86	3,46	1,84	7,08	20,68	3,36
		P14 16/4	0,17	0,012	0,027	0,014	10,11	2,45	8,21	7,77	12,85	2,65

		Rateo dei metalli nelle deposizioni – [µg/m ² /d]											
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V	
Saint Bon	2017	P14 17/1	0,06	0,004	0,004	0,004	5,70	2,21	3,95	3,98	12,91	2,67	
		P14 17/2	0,17	0,023	0,003	0,005	3,22	0,28	1,84	4,36	14,91	2,45	
		P14 17/3	0,22	0,016	0,002	0,004	4,63	1,48	2,53	7,10	30,48	3,14	
		P14 17/4	0,17	0,010	0,002	0,005	4,48	0,87	2,11	8,12	16,97	2,22	
	2018	P14 18/1	0,04	<0,008	<0,008	<0,01	3,81	0,83	5,60	2,97	7,11	2,23	
		P14 18/2	0,53	0,023	<0,010	<0,01	5,48	3,76	2,46	7,91	73,29	5,43	
		P14 18/3	0,20	0,021	<0,008	<0,01	3,57	2,05	2,24	7,77	25,06	2,96	
		P14 18/4	2,95	0,091	<0,011	<0,01	29,79	13,24	10,20	17,94	179,81	30,31	
	2019	P14 19/1	0,29	0,035	0,008	0,010	7,90	0,01	5,25	13,41	14,57	4,13	
		P14 19/2	0,25	0,067	0,008	0,010	3,57	0,23	3,14	6,36	23,23	3,13	
		P14 19/3	0,37	0,011	0,011	0,010	5,29	1,70	15,05	13,89	12,60	2,63	
			P14 19/4	non disponibile									
	Fossasmastra	2014	P14 14/0	0,18	0,029	0,009	0,015	20,03	7,36	5,99	21,32	23,03	2,40
			P14 14/1	0,10	0,021	0,012	0,005	8,25	1,73	2,34	8,39	9,05	1,44
			P14 14/2	0,14	0,050	0,008	0,004	8,50	2,45	3,09	12,49	14,09	1,68
		2015	P14 15/1	0,28	0,049	0,024	0,005	14,87	6,03	6,72	20,21	33,05	4,12
			P14 15/2	0,32	0,033	0,033	0,004	9,00	7,14	4,72	18,64	32,57	4,34
			P14 15/3	0,18	0,020	0,082	0,005	8,17	2,97	3,53	14,17	14,81	2,10
			P14 15/4	0,21	0,106	0,071	0,004	1,32	0,01	8,22	22,67	28,03	3,00
		2016	P14 16/1	0,35	0,023	0,007	0,015	12,67	8,03	7,00	22,83	43,21	4,41
P14 16/2			0,35	0,029	0,015	0,005	12,43	4,79	5,86	32,98	42,65	4,29	
P14 16/3			0,22	0,037	0,029	0,012	14,58	4,35	4,36	20,55	29,39	2,85	
P14 16/4			0,24	0,025	0,076	0,014	17,61	5,22	8,40	25,89	36,64	2,82	
2017		P14 17/1	0,11	0,014	0,004	0,004	9,37	4,44	10,98	15,14	22,84	3,33	
		P14 17/2	0,24	0,154	0,005	0,005	8,40	3,43	5,47	17,13	35,82	3,34	
		P14 17/3	0,25	0,021	0,002	0,010	9,01	2,53	6,28	23,68	31,60	2,70	
		P14 17/4	0,19	0,020	0,002	0,005	8,75	2,22	4,41	25,16	32,64	2,27	
2018		P14 18/1	0,12	0,018	<0,008	<0,01	5,97	2,52	3,72	6,71	9,96	2,50	
		P14 18/2	0,62	0,023	<0,010	<0,01	8,81	4,85	4,46	22,50	98,62	5,73	
		P14 18/3	0,31	0,032	<0,008	<0,01	11,71	5,93	5,77	60,68	54,38	3,93	
		P14 18/4	3,60	0,096	<0,011	<0,01	48,68	19,88	18,56	66,18	308,79	37,79	
2019		P14 19/1	0,34	0,059	0,008	0,010	16,78	5,55	9,33	33,55	35,90	4,83	
	P14 19/2	0,42	0,034	0,009	0,010	15,39	5,18	6,32	36,81	39,41	4,90		
	P14 19/3	0,12	0,011	0,011	0,010	3,04	2,02	2,39	4,38	6,17	2,07		
	P14 19/4	0,28	0,019	0,008	0,010	9,32	2,57	10,98	21,30	14,87	3,57		
Melara	2014	P14 14/0	0,97	0,060	0,020	0,005	52,30	26,87	38,89	73,26	83,39	14,30	
		P14 14/1	0,83	0,050	0,040	0,040	45,62	15,20	21,57	49,72	82,56	13,13	
		P14 14/2	0,31	0,050	0,010	0,005	16,08	5,29	7,19	19,43	23,37	4,00	
	2015	P14 15/1	0,87	0,050	0,060	0,020	41,63	21,76	20,53	49,08	78,24	15,29	
		P14 15/2	0,89	0,100	0,160	0,010	27,37	18,67	21,40	41,09	78,22	12,10	
		P14 15/3	0,80	0,110	0,020	0,005	28,71	15,32	23,24	97,66	55,56	9,54	
		P14 15/4	1,07	0,180	0,050	0,040	16,76	8,82	20,48	77,84	106,62	13,89	
	2016	P14 16/1	1,15	0,070	0,030	0,040	25,77	22,20	12,81	50,74	163,04	10,07	
		P14 16/2	0,82	0,100	0,030	0,030	18,36	13,54	13,28	56,01	105,59	7,91	
		P14 16/3	0,56	0,080	0,060	0,020	31,75	13,04	8,52	47,49	87,96	6,25	
		P14 16/4	0,56	0,050	0,160	0,020	45,00	14,33	7,71	42,06	89,56	6,51	
	2017	P14 17/1	0,54	0,066	0,009	0,004	28,06	15,57	12,23	41,00	109,21	10,68	
		P14 17/2	0,57	0,055	0,012	0,020	13,78	8,49	8,65	48,20	81,65	7,11	
		P14 17/3	0,80	0,051	0,002	0,021	18,83	11,40	8,31	51,41	105,78	7,17	
		P14 17/4	0,53	0,041	0,002	0,005	18,95	9,22	8,68	50,44	86,02	5,87	
	2018	P14 18/1	0,66	0,080	0,009	0,03	36,06	15,14	17,88	53,43	78,14	12,77	
		P14 18/2	0,76	0,038	<0,010	<0,01	13,64	10,47	5,88	42,02	93,66	7,52	
		P14 18/3	0,62	0,050	<0,008	<0,01	19,43	12,93	7,19	61,36	114,04	6,91	
		P14 18/4	3,86	0,142	<0,011	<0,01	81,19	33,19	24,41	88,02	322,03	44,14	
	2019	P14 19/1	0,22	0,010	0,008	0,010	5,80	0,53	12,69	40,19	9,13	2,12	
P14 19/2		0,61	0,039	0,008	0,010	6,00	1,26	15,12	27,14	26,04	3,97		
P14 19/3		0,14	0,015	0,011	0,010	21,00	7,48	10,61	18,56	23,00	4,09		
P14 19/4		0,23	0,008	0,008	0,010	3,80	0,68	6,77	6,34	4,14	1,37		
2015	P14 15/3	0,18	0,014	0,015	0,005	5,25	1,58	1,45	6,08	9,30	1,47		
	P14 15/4	0,42	0,022	0,015	0,019	17,67	1,71	3,92	10,81	27,05	3,97		
	2016	P14 16/1	0,35	0,061	0,010	0,009	4,24	3,63	6,70	10,10	33,21	2,97	
		P14 16/2	0,30	0,059	0,016	0,008	15,28	3,37	5,48	16,72	27,23	2,98	
		P14 16/3	0,23	0,020	0,036	0,007	14,29	2,30	2,35	10,68	18,50	1,98	
		P14 16/4	0,32	0,037	0,004	0,037	22,53	3,53	24,81	23,65	28,21	4,02	

Rateo dei metalli nelle deposizioni – [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]												
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
2017	P14 17/1		0,14	0,004	0,004	0,004	4,34	1,42	3,22	5,29	7,46	2,03
	P14 17/2		0,23	0,019	0,005	0,012	4,79	2,11	7,32	10,42	20,57	2,76
	P14 17/3		0,25	0,012	0,002	0,004	4,03	0,64	2,37	7,72	16,81	1,98
	P14 17/4		0,16	0,005	0,002	0,005	3,10	0,23	4,76	9,80	9,58	1,27
2018	P14 18/1		0,04	<0,008	<0,008	<0,01	3,87	0,02	2,12	2,78	5,10	1,35
	P14 18/2		0,60	0,025	<0,010	<0,01	5,82	3,50	3,65	11,86	61,76	5,73
	P14 18/3		0,15	0,012	<0,008	<0,01	3,53	1,59	9,68	7,92	16,96	1,86
	P14 18/4		2,67	0,092	<0,011	<0,01	28,08	13,45	17,26	42,05	187,42	27,61
2019	P14 19/1		1,33	0,146	0,008	0,040	64,82	27,42	19,47	78,02	167,67	22,40
	P14 19/2		1,19	0,099	0,008	0,030	46,96	23,15	16,90	87,66	117,24	16,01
	P14 19/3		0,28	0,031	0,011	0,040	25,46	9,55	10,81	41,86	52,82	9,26
	P14 19/4		0,57	0,058	0,008	0,030	28,84	11,45	9,82	24,77	52,07	10,75

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

A.6.3. APPENDICE – Concentrazione dei metalli nelle polveri depositate (2014 – 2019)

Concentrazione dei metalli nelle deposizioni – [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
	2016	P14 16/1	5,7	3,12	0,11	0,11	201	183	76	79	676	79
		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
	2017	P14 17/1	3,6	0,36	0,76	0,36	149	127	179	135	921	104
		P14 17/2	4,0	0,55	0,09	0,18	119	27	62	100	564	62
		P14 17/3	4,2	0,40	0,07	0,15	98	0,4	48	94	1.016	72
		P14 17/4	6,4	0,29	0,15	0,29	162	22	76	197	692	87
	2018	P14 18/1	0,49	0,49	1,21	0,49	84	0,49*	115	77	281	94
		P14 18/2	6,10	0,34	0,06	0,06	53	31	61	50	735	64
		P14 18/3	2,18	0,14	0,03	0,03	34	11	18	45	374	30
		P14 18/4	7,33	0,15	0,02	0,02	72	39	30	40	318	81
	2019	P14 19/1	6,18	0,61	0,10	0,10	108	0,10	94	126	538	96
P14 19/2		5,06	0,55	0,09	0,30	82	29	46	79	577	82	
P14 19/3		0,92	0,46	0,22	0,22	141	68	95	159	305	76	
P14 19/4		4,59	1,23	0,17	0,17	69	43	68	107	215	54	
Follo	2014	P14 14/0	4,7	0,76	0,20	0,38	326	119	75	119	527	72
		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
	2015	P14 15/1	5,0	1,00	1,00	1,00	215	89	168	5,0	436	98
		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
	2016	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
		P14 16/3	5,2	0,40	0,88	0,24	314	112	37	108	1.031	94
		P14 16/4	4,2	0,56	0,29	0,29	262	101	48	113	768	86
	2017	P14 17/1	1,4	0,35	0,35	0,35	270	132	146	107	586	116
		P14 17/2	6,4	0,83	0,17	0,17	108	38	90	111	626	73
		P14 17/3	5,8	0,45	0,08	0,15	126	40	45	129	864	83
		P14 17/4	7,9	0,53	0,27	0,53	191	37	84	215	980	121
	2018	P14 18/1	2,00	0,43	1,58	0,43	588	9	207	335	309	103
		P14 18/2	5,91	0,23	0,05	0,05	53	37	26	49	552	53
		P14 18/3	6,39	0,42	0,13	0,13	175	89	46	136	912	95
		P14 18/4	8,91	0,35	0,05	0,01	97	46	31	47	606	91
	2019		7,02	3,89	0,18	0,18	504	0,18	170	192	354	75
		8,58	0,68	0,12	0,24	110	29	74	142	449	86	8,58
		1,42	0,63	0,23	0,23	125	69	97	131	249	71	1,42
		16,06	0,96	0,31	0,31	411	74	181	174	300	108	16,06
Arcola	2014	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
		P14 14/2	6,9	1,31	0,64	1,33	246	73	2342	199	248	62
	2015	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
		P14 15/3	5,5	0,97	1,99	0,78	214	75	1.287	194	422	58

		Concentrazione dei metalli nelle deposizioni – [µg/g]											
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V	
Le Grazie	2016	P14 15/4	7,7	1,04	0,53	0,82	1,9	0,3	1.709	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	
		P14 16/4	7,5	0,64	2,33	1,51	272	102	742	209	561	68	
	2017	P14 17/1	3,8	0,36	0,73	0,36	222	134	933	349	490	104	
		P14 17/2	3,3	0,16	0,08	0,16	58	16	158	94	345	52	
		P14 17/3	4,8	0,37	0,09	0,18	133	70	71	184	583	64	
		P14 17/4	7,3	0,40	0,20	0,40	138	1,2	605	347	438	68	
	2018	P14 18/1	5,04	0,40	0,40	0,40	253	28	116	194	505	98	
		P14 18/2	6,75	0,40	0,09	0,09	52	25	36	66	700	67	
		P14 18/3	4,19	0,57	0,14	0,14	73	47	45	161	613	60	
		P14 18/4	8,22	0,27	0,02	0,02	84	46	29	58	585	87	
	2019	P14 19/1	4,25	0,54	0,07	0,34	100	28	69	173	355	70	
		P14 19/2	8,87	0,91	0,12	0,48	88	42	276	193	444	81	
		P14 19/3	0,32*	0,64	1,29	1,49	122	65	105	229	267	83	
		P14 19/4	9,01	0,89	0,26	0,26	229	59	154	350	332	101	
	Chiappa	2014	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
2015		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	
		P14 15/4	4,1	1,16	0,14	0,11	2,2	0,3	98	123	395	46	
2016		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	
2017		P14 17/1	1,6	0,40	0,40	0,40	130	87	166	149	279	76	
		P14 17/2	4,1	0,36	0,06	0,12	48	6,3	52	74	324	49	
		P14 17/3	7,0	0,40	0,09	0,18	74	0,5	81	120	627	64	
		P14 17/4	8,6	0,91	0,15	0,30	126	22	155	368	641	82	
2018		P14 18/1	5,39	1,11	0,41	0,41	109	0,41*	155	230	250	99	
		P14 18/2	6,48	0,21	0,07	0,07	55	37	33	94	601	66	
		P14 18/3	4,80	0,38	0,12	0,12	65	41	45	107	489	63	
		P14 18/4	8,55	0,27	0,02	0,02	83	51	40	58	566	90	
2019		P14 19/1	6,70	0,36	0,15	0,15	69	0,15	148	352	193	59	
	P14 19/2	6,10	0,78	0,09	0,09	54	22	104	107	396	60		
	P14 19/3	3,16	0,75	0,25	0,66	102	55	196	239	237	93		
	P14 19/4	11,68	0,28	0,28	0,28	166	64	213	351	273	120		
Chiappa	2014	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	
	2015	P14 15/1	7,1	0,46	0,75	0,42	192	82	183	162	346	97	
		P14 15/2	5,5	0,36	1,11	0,25	8,1	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	
	2016	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	
	2017	P14 17/1	2,9	1,36	1,28	0,37	160	142	364	225	384	134	
		P14 17/2	5,4	0,79	0,17	0,17	46	45	86	153	356	57	
		P14 17/3	4,2	0,30	0,15	0,30	55	0,9	113	119	683	58	
		P14 17/4	8,2	0,46	0,07	0,15	94	125	132	249	775	87	
	2018	P14 18/1	0,39	0,39	0,39	0,39	224	18	631	251	366	125	
P14 18/2		6,31	0,30	0,06	0,06	55	33	38	137	583	59		
P14 18/3		2,25	0,33	0,05	0,05	32	31	59	72	263	27		
P14 18/4		8,30	0,23	0,01	0,01	79	47	31	74	547	85		

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Concentrazione dei metalli nelle deposizioni – [µg/g]												
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Maggiolina	2019	P14 19/1	5,24	0,43	0,18	0,18	113	0,18	117	400	219	53
		P14 19/2	8,03	0,94	0,13	0,13	68	15	77	262	400	74
		P14 19/3	1,83	0,21	0,21	0,21	139	65	129	295	342	94
		P14 19/4	11,85	0,21	0,56	0,21	146	55	157	261	289	118
	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	4,9	0,2	79	192	431	77
	2016	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
		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
	2017	P14 17/1	3,1	0,23	0,23	0,23	300	116	208	210	679	140
		P14 17/2	4,3	0,59	0,07	0,13	82	7,0	47	112	382	63
		P14 17/3	6,0	0,44	0,06	0,11	125	40	68	191	820	84
		P14 17/4	8,6	0,53	0,12	0,25	230	45	108	416	870	114
	2018	P14 18/1	2,96	0,30	0,30	0,30	273	60	401	213	510	160
P14 18/2		5,07	0,22	0,05	0,05	53	36	24	76	702	52	
P14 18/3		2,76	0,29	0,06	0,06	50	29	31	109	351	41	
P14 18/4		6,86	0,21	0,01	0,01	69	31	24	42	418	70	
2019	P14 19/1	5,57	0,68	0,08	0,08	151	0,08	100	257	279	79	
	P14 19/2	5,74	1,55	0,10	0,10	83	5	73	148	540	73	
	P14 19/3	13,64	0,20	0,20	0,20	196	63	558	515	467	98	
	P14 19/4									<i>non disponibile</i>		
Saint Bon	2014	P14 14/0	4,7	0,75	0,22	0,37	510	188	153	543	587	61
		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
	2016	P14 16/1	6,5	0,43	0,13	0,27	234	148	129	422	798	82
		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
	2017	P14 17/1	3,3	0,42	0,13	0,13	276	131	324	447	674	98
		P14 17/2	5,0	3,16	0,11	0,11	173	71	113	353	738	69
		P14 17/3	5,6	0,46	0,05	0,22	199	56	139	523	698	60
		P14 17/4	5,6	0,59	0,07	0,14	259	66	131	746	967	67
	2018	P14 18/1	4,69	0,67	0,16	0,16	225	95	141	253	376	94
		P14 18/2	5,99	0,22	0,05	0,05	85	47	43	217	952	55
		P14 18/3	4,81	0,51	0,06	0,06	183	93	90	950	851	62
		P14 18/4	8,16	0,22	0,01	0,01	110	45	42	150	700	86
	2019	P14 19/1	5,76	1,00	0,07	0,07	283	94	157	566	606	82
P14 19/2		7,52	0,61	0,08	0,19	278	93	114	664	711	88	
P14 19/3		4,37	0,20*	0,20	0,20	115	76	90	166	234	78	
P14 19/4		9,05	0,60	0,13	0,44	300	83	353	685	479	115	
Fossamastra	2014	P14 14/0	7,1	0,36	0,13	0,18	382	196	284	535	609	104
		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
	2015	P14 15/1	5,1	0,36	0,35	0,14	243	127	120	287	457	89
		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
	2016	P14 16/1	5,7	0,33	0,14	0,18	129	111	64	253	813	50
		P14 16/2	5,4	0,63	0,19	0,19	121	89	88	370	697	52

		Concentrazione dei metalli nelle deposizioni – [µg/g]											
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V	
Melara	2017	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 17/1	4,1	0,50	0,07	0,03	212	118	93	310	827	81	
		P14 17/2	4,8	0,46	0,10	0,17	116	71	73	405	687	60	
	2018	P14 17/3	5,8	0,37	0,02	0,15	137	83	61	375	771	52	
		P14 17/4	5,5	0,42	0,03	0,05	198	96	91	526	897	61	
		P14 18/1	6,02	0,73	0,09	0,32	330	138	163	488	714	117	
		P14 18/2	4,80	0,24	0,03	0,03	86	66	37	266	592	48	
	2019	P14 18/3	4,43	0,36	0,03	0,03	140	93	52	441	820	50	
		P14 18/4	7,75	0,29	0,01	0,01	163	67	49	177	646	89	
		P14 19/1	5,27	0,58	0,02	0,15	257	109	77	310	665	89	
		P14 19/2	6,78	0,57	0,02	0,20	268	132	97	501	669	91	
	Melara	2015	P14 19/3	3,23	0,37	0,06	0,42	298	112	127	490	619	108
			P14 19/4	6,22	0,63	0,04	0,32	312	124	106	268	563	116
			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
		2016	P14 16/1	10,5	1,85	0,29	0,28	129	110	204	307	1.008	90
			P14 16/2	5,8	1,14	0,32	0,16	296	65	106	324	528	58
			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
2017		P14 17/1	8,4	0,27	0,27	0,27	266	87	198	324	458	125	
		P14 17/2	7,2	0,58	0,16	0,35	146	64	223	318	628	84	
		P14 17/3	11,0	0,54	0,09	0,19	178	28	105	341	743	88	
		P14 17/4	14,3	0,44	0,22	0,44	286	21	439	903	883	117	
2018		P14 18/1	4,42	0,41	0,41	0,41	388	2	212	279	511	135	
		P14 18/2	6,13	0,25	0,05	0,05	60	36	37	122	634	59	
		P14 18/3	6,55	0,56	0,18	0,18	158	71	433	354	758	83	
		P14 18/4	7,65	0,26	0,02	0,02	80	39	49	121	537	79	
2019		P14 19/1	8,94	0,42	0,17	0,17	238	22	520	1646	374	87	
		P14 19/2	12,59	0,81	0,09	0,09	125	26	314	564	541	83	
		P14 19/3	3,47	0,39	0,14	0,14	535	190	270	473	586	104	
		P14 19/4	16,05	0,29*	0,29	0,29	267	48	476	446	291	97	

A.6.4. Ratei di deposizione degli IPA totali, della Norma UNI e del B(a)P (2014 – 2019)

Postazione	Anno	Campagna	Rateo degli IPA TOT [ng/m2/d]	Rateo degli IPA Norma UNI [ng/m2/d]	Rateo del B(a)P [ng/m2/d]
Bolano	2014	P14 14/0	61	35	9
		P14 14/1	88	45	17
		P14 14/2	43	29	9
	2015	P14 15/1	2163	768	122
		P14 15/2	31	6	1
		P14 15/3	69	26	5
		P14 15/4	99	28	3
	2016	P14 16/1	281	91	15
		P14 16/2	253	49	15
		P14 16/3	49	12	1
		P14 16/4	58	15	5
	2017	P14 17/1	586	270	23
		P14 17/2	97	28	2
		P14 17/3	50	8	1
		P14 17/4	94	21	5
	2018	P14 18/1	42	33	1
P14 18/2		107	42	4	
P14 18/3		333	159	71	
P14 18/4		315	112	18	
2019	P14 19/1	26	5	0,8	
	P14 19/2	20	5	0,8	
	P14 19/3	18	6	1,0	
	P14 19/4	35	12	0,8	
Follo	2014	P14 14/0	63	34	9
		P14 14/1	57	31	8
		P14 14/2	49	33	8
	2015	P14 15/1	236	97	11
		P14 15/2	36	10	1
		P14 15/3	96	22	2
		P14 16/4	147	49	8
	2016	P14 16/1	580	164	39
		P14 16/2	319	67	24
		P14 16/3	19	6	1
		P14 16/4	78	22	4
	2017	P14 17/1	99	30	2
		P14 17/2	103	29	10
		P14 17/3	48	17	8
		P14 17/4	233	67	8
	2018	P14 18/1	14	5	1
P14 18/2		48	11	1	
P14 18/3		235	95	13	
P14 18/4		278	103	16	
2019	P14 19/1	14	5	0,8	
	P14 19/2	19	5	0,8	
	P14 19/3	28	6	1,0	
	P14 19/4	47	12	0,8	
Arcola	2014	P14 14/0	73	38	10
		P14 14/1	86	42	10
		P14 14/2	45	29	9
	2015	P14 15/1	196	10	1
		P14 15/2	31	6	1
		P14 15/3	147	54	10
		P14 15/4	143	38	7
	2016	P14 16/1	221	70	25
		P14 16/2	781	175	44
		P14 16/3	43	8	1
		P14 16/4	279	129	22
	2017	P14 17/1	114	33	5
		P14 17/2	114	38	7
		P14 17/3	71	24	15
		P14 17/4	158	8	1
	2018	P14 18/1	14	5	1
P14 18/2		48	21	6	
P14 18/3		126	26	1	
P14 18/4		743	358	58	

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Postazione	Anno	Campagna	Rateo degli IPA TOT [ng/m2/d]	Rateo degli IPA Norma UNI [ng/m2/d]	Rateo del B(a)P [ng/m2/d]
Le Grazie	2019	P14 19/1	22	5	0,8
		P14 19/2	20	6	1,0
		P14 19/3	28	5	0,8
		P14 19/4	36	12	1,0
	2014	P14 14/0	140	42	13
		P14 14/1	65	36	10
		P14 14/2	37	25	7
	2015	P14 15/1	132	12	1
		P14 15/2	37	6	1
		P14 15/3	93	25	3
		P14 15/4	187	34	10
	2016	P14 16/1	282	98	22
		P14 16/2	356	64	9
		P14 16/3	28	8	1
		P14 16/4	49	11	1
	2017	P14 17/1	250	79	12
		P14 17/2	121	45	9
		P14 17/3	78	22	12
		P14 17/4	350	135	26
	2018	P14 18/1	132	90	1
P14 18/2		214	53	13	
P14 18/3		108	50	5	
P14 18/4		333	109	20	
2019	P14 19/1	19	5	0,8	
	P14 19/2	18	5	0,8	
	P14 19/3	69	21	1,0	
	P14 19/4	14	5	0,8	
Chiappa	2014	P14 14/0	258	57	13
		P14 14/1	88	40	12
		P14 14/2	142	59	14
	2015	P14 15/1	203	39	1
		P14 15/2	31	6	1
		P14 15/3	101	34	14
		P14 15/4	138	43	10
	2016	P14 16/1	248	85	24
		P14 16/2	315	69	19
		P14 16/3	91	41	4
		P14 16/4	90	29	5
	2017	P14 17/1	277	113	7
		P14 17/2	100	34	13
		P14 17/3	40	8	1
		P14 17/4	249	71	8
	2018	P14 18/1	73	64	1
		P14 18/2	438	193	29
		P14 18/3	226	105	12
		P14 18/4	431	143	27
	2019	P14 19/1	14	5	0,8
P14 19/2		19	5	0,8	
P14 19/3		64	18	1,0	
P14 19/4		50	17	0,8	
Maggiolina	2014	P14 14/0	57	33	9
		P14 14/1	153	67	14
		P14 14/2	94	32	10
	2015	P14 15/1	n.d.	n.d.	n.d.
		P14 15/2	48	8	1
		P14 15/3	482	204	42
		P14 15/4	265	82	15
	2016	P14 16/1	298	85	11
		P14 16/2	446	58	16
		P14 16/3	66	14	1
		P14 16/4	91	20	5
	2017	P14 17/1	172	25	1
		P14 17/2	176	38	15
		P14 17/3	139	25	5
		P14 17/4	232	30	5
	2018	P14 18/1	53	34	1
		P14 18/2	96	28	8
		P14 18/3	515	221	28
		P14 18/4	338	113	21
	2019	P14 19/1	14	5	0,8
P14 19/2		14	5	0,8	

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

Postazione	Anno	Campagna	Rateo degli IPA TOT [ng/m2/d]	Rateo degli IPA Norma UNI [ng/m2/d]	Rateo del B(a)P [ng/m2/d]
Saint Bon		P14 19/3	42	6	1,0
		P14 19/4	non disponibile		
	2014	P14 14/0	188	48	13
		P14 14/1	149	58	14
		P14 14/2	84	36	14
	2015	P14 15/1	562	105	1
		P14 15/2	137	24	1
		P14 15/3	264	72	13
	2016	P14 15/4	123	32	5
		P14 16/1	621	229	33
		P14 16/2	350	75	31
	2017	P14 16/3	78	12	1
		P14 16/4	271	92	20
		P14 17/1	346	83	13
	2018	P14 17/2	201	64	15
		P14 17/3	191	54	12
		P14 17/4	404	103	15
	2019	P14 18/1	408	164	14
		P14 18/2	299	94	14
		P14 18/3	866	337	56
2018	P14 18/4	489	157	24	
	P14 19/1	114	31	0,8	
	P14 19/2	52	5	0,8	
	P14 19/3	127	33	1,0	
Fossamastra	2014	P14 19/4	101	35	0,8
		P14 14/0	263	57	13
		P14 14/1	88	36	14
	2015	P14 14/2	270	62	20
		P14 15/1	1336	213	39
		P14 15/2	940	186	36
	2016	P14 15/3	439	87	19
		P14 15/4	602	143	29
		P14 16/1	4021	724	141
	2017	P14 16/2	3074	460	125
		P14 16/3	309	44	9
		P14 16/4	1313	251	65
	2018	P14 17/1	959	119	21
		P14 17/2	1202	316	54
		P14 17/3	1013	212	41
	2019	P14 17/4	770	204	36
		P14 18/1	284	48	10
		P14 18/2	1122	245	37
	2018	P14 18/3	1073	206	35
		P14 18/4	1021	215	36
P14 19/1		561	58	0,8	
P14 19/2		328	6	1,0	
2019	P14 19/3	222	12	0,8	
	P14 19/4	299	24	1,0	
	P14 15/3	188	73	13	
	P14 15/4	104	32	5	
Melara	2015	P14 16/1	254	72	7
		P14 16/2	479	89	24
		P14 16/3	68	14	2
	2016	P14 16/4	166	47	12
		P14 17/1	130	35	4
		P14 17/2	134	31	5
	2017	P14 17/3	95	17	2
		P14 17/4	164	12	1
		P14 18/1	36	20	1
	2018	P14 18/2	55	19	6
		P14 18/3	364	115	18
		P14 18/4	306	111	16
	2019	P14 19/1	36	5	0,8
		P14 19/2	14	5	0,8
		P14 19/3	18	6	1,0
		P14 19/4	37	10	0,8

A.6.5. APPENDICE – Ratei di deposizione di PCDD/F (2014 – 2019).

Valori in pg/m²/d

		Rateo di PCDD/F nelle deposizioni – [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	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	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	<0,10	<0,18	<0,18	<0,47
	2015	P14 15/1	<0,19	0,35	<0,25	<0,29	<0,24	2,44	1,39	<0,17	<0,16	<0,17	<0,23	<0,24	<0,23	<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	<0,29	<0,28	<0,30	<0,62	
		P14 15/3	<0,03	<0,12	<0,13	<0,14	<0,12	<0,25	<0,61	<0,06	<0,06	<0,06	<0,07	<0,06	<0,06	<0,06	<0,15	<0,14	<0,56	
	2016	P14 15/4	<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 16/1	<0,10	<0,13	<0,15	3,83	0,8	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 16/2	<0,12	<0,22	<0,27	<0,29	0,47	3,5	0,19	<0,15	<0,13	<0,12	<0,22	<0,20	<0,20	<0,20	<0,52	<0,29	<0,68	
	2018	P14 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	
		P14 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	
		P14 18/3	<0,05	<0,06	<0,09	<0,09	<0,08	2,78	60,39	<0,11	<0,05	<0,05	<0,08	<0,08	<0,09	<0,08	0,46	<0,14	<0,25	
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	<0,13	<0,18	<0,22	<0,18	1,43	3,98	<0,15	<0,10	<0,10	<0,15	<0,16	<0,18	<0,17	1,75	0,64	2,39	
	2015	P14 15/1	<0,19	<0,23	<0,27	<0,31	0,7	2,26	<0,81	0,52	0,35	0,35	<0,24	0,52	<0,23	<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	0,8	<0,66	<0,10	0,32	<0,08	<0,14	<0,12	<0,12	<0,11	<0,18	<0,16	1,59	
	2016	P14 15/4	<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 16/1	<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	
		P14 16/2	<0,12	<0,21	<0,27	<0,29	<0,24	3,3	1,68	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,20	<0,52	<0,29	<0,68	
	2017	P14 16/3	<0,10	<0,19	<0,23	3,08	2,1	24,12	32,21	3,21	0,96	1,45	2,12	<0,17	<0,17	<0,17	1,68	<0,25	<0,59	
		P14 16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	<0,20	0,9	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,33	<0,19	<0,44	
		P14 17/1	<0,23	<0,23	<0,31	<0,35	<0,30	3,53	7,15	<0,20	<0,19	<0,18	<0,19	<0,18	<0,21	<0,19	1,56	<0,27	2,12	
2018	P14 17/2	<0,42	<0,57	<0,60	<0,67	<0,55	1,32	6,76	0,39	<0,42	0,39	1,74	1,54	1,54	<0,49	10,23	1,93	7,14		
	P14 17/3	<0,56	<0,56	<0,72	<0,75	<0,63	<1,06	0,93	<0,25	<0,59	<0,49	<0,48	<0,45	<0,48	<0,48	<0,64	<0,68	<1,52		
	P14 17/4	<0,08	<0,14	<0,12	<0,15	<0,13	2,88	3,06	<0,14	<0,07	<0,08	<0,11	<0,11	<0,12	<0,09	1,62	<0,14	0,90		
2019	P14 18/1	<0,18	<0,13	<0,13	0,62	<0,09	4,63	15,91	0,93	0,62	0,62	0,46	0,46	0,62	<0,10	1,24	0,31	2,47		
	P14 18/2	<0,16	<0,31	<0,29	<0,32	<0,25	3,67	4,25	3,47	<0,21	1,16	<0,28	<0,27	<0,27	<0,32	2,12	<0,29	<0,78		
	P14 18/3	<0,05	<0,10	<0,14	<0,15	<0,12	0,62	0,46	<0,12	<0,06	<0,06	<0,08	<0,08	<0,09	<0,08	0,62	<0,12	<0,24		
Arcoia	2014	P14 14/0	0,27	<0,31	<0,33	<0,34	0,83	3,32	7,88	<0,44	<0,50	1,45	0,62	0,83	0,83	<0,55	3,73	0,62	2,28	
		P14 14/1	0,15	<0,24	<0,23	<0,21	<0,18	0,93	3,25	0,31	<0,17	<0,18	<0,12	<0,11	<0,14	0,31	0,46	0,31	0,46	
		P14 14/2	<0,09	<0,08	<0,09	<0,09	<0,08	<1,23	2,38	<0,12	<0,15	<0,16	<1,02	<0,94	<1,00	<1,07	<0,06	<0,07	<0,08	
	2015	P14 14/3	<0,27	<0,31	<0,45	1,20	<0,44	8,40	13,79	<0,40	<0,47	<0,46	<1,02	<0,97	<1,07	<0,98	1,80	<0,32	1,60	
		P14 14/4	<0,04	<0,05	<0,07	0,47	<0,06	4,19	13,20	<0,05	<0,05	0,62	0,47	0,62	<0,06	0,78	2,79	0,47	4,50	
		P14 15/1	<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	
	2016	P14 15/2	<0,06	<0,14	<0,16	<0,18	<0,15	<0,33	0,8	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,12	<0,12	<0,15	<0,15	<0,41	
		P14 15/3	<0,22	<0,27	<0,28	<0,31	<0,26	2,24	<0,69	0,52	0,52	0,35	<0,23	<0,22	<0,22	<0,22	1,04	0,52	1,21	
		P14 15/4	<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	
	2017	P14 16/1	<0,10	<0,13	<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	<0,12	<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	
		P14 16/3	<0,02	<0,05	<0,06	1,41	0,27	8,9	10,97	0,58	0,31	0,15	0,47	<0,04	<0,04	<0,04	0,25	0,04	<0,14	
2018	P14 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		
	P14 17/1	<0,27	<0,28	<0,39	<0,43	<0,37	7,31	16,06	<0,23	<0,20	<0,19	<0,25	<0,23	<0,25	<0,24	3,18	<0,34	2,65		
	P14 17/2	<0,53	<0,61	<0,75	<0,80	<0,67	<1,02	2,70	<0,58	<0,50	<0,49	0,77	1,16	0,97	<0,55	4,05	<0,81	<1,38		
2019	P14 17/3	<0,53	<0,72	<0,79	<0,72	<0,60	<1,11	1,18	<0,25	<0,57	<0,51	<0,47	<0,46	<0,44	<0,47	<0,64	<0,70	<1,79		
	P14 17/4	<0,11	<0,18	<0,16	<0,19	<0,15	2,52	4,68	<0,12	<0,10	<0,10	<0,13	<0,12	<0,12	<0,11	0,72	<0,14	<0,26		
	P14 18/1	0,15	<0,08	<0,10	0,46	<0,06	3,24	4,32	0,31	0,31	0,15	0,31	0,31	0,46	<0,06	1,24	<0,09	0,62		
Le Grazie	2014	P14 14/0	<0,23	<0,42	<0,27	<0,31	<0,25	<0,89	2,90	5,41	<0,22	<0,25	<0,39	<0,38	<0,39	<0,42	<0,56	<0,48	<1,43	
		P14 14/1	<0,06	<0,08	<0,11	<0,12	<0,09	1,24	1,24	<0,09	<0,05	<0,05	<0,10	<0,09	<0,10	<0,09	0,46	<0,11	<0,25	
		P14 14/2	<0,21	<0,23	<0,28	0,62	0,41	2,70	6,64	<0,38	<0,34	1,24	0,41	0,41	0,62	<0,36	2,07	<0,25	1,24	
	2015	P14 14/3	<0,12	<0,17	<0,24	<0,23	<0,20	2,47	7,42	0,46	<0,16	<0,16	<0,13	<0,12	<0,18	<0,15	0,46	<0,15	1,08	
		P14 14/4	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,12	<0,94	2,70	<0,13	<0,13	<0,13	<0,74	<0,67						

		Rateo di PCDD/F nelle deposizioni - [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	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1,2,3,7,8,9-HpCDF	OCDF	
Maggiolina	2015	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	<0,09	<0,10	<0,13	<0,12	<0,47	
		P14 15/1	<0,16	<0,20	<0,23	<0,28	0,35	2,96	1,57	0,35	<0,12	0,7	0,87	0,87	0,7	<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 15/4	<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 16/1	<0,10	<0,13	0,1	0,74	<0,07	0,28	0,4	<0,10	<0,01	<0,09	<0,08	<0,11	<0,11	<0,11	0,89	<0,17	2,4	
		P14 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	
		P14 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	
	Saint Bon	2014	P14 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
			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	0,9	<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	0,9	0,36	1,26	
		P14 15/4	<0,12	<0,13	<0,14	<0,16	<0,13	<0,24	0,4	<0,13	<0,09	<0,09	<0,12	<0,11	<0,11	<0,10	0,8	<0,17	<0,28	
2016		P14 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	
		P14 16/2	<0,12	<0,22	<0,27	<0,29	<0,24	2,38	1,4	<0,15	<0,13	<0,12	<0,22	<0,20	<0,20	<0,20	0,97	<0,29	<0,68	
		P14 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	
		P14 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	<0,12	<0,12	<0,33	<0,19	0,59	
2017	P14 17/1	<0,23	<0,25	<0,30	<0,35	<0,29	3,37	8,11	<0,21	0,57	<0,19	<0,23	<0,21	<0,23	<0,21	2,19	<0,27	1,47		
	P14 17/2	<0,40	<0,49	<0,56	1,35	0,97	1,32	5,02	0,97	<0,40	0,77	1,35	0,77	2,12	<0,44	10,23	1,35	5,21		
	P14 18/1	<0,11	<0,14	<0,16	0,31	<0,10	4,17	11,27	0,62	0,62	0,46	0,31	0,46	<0,15	<0,11	2,01	0,46	1,85		
	P14 18/2	<0,13	<0,20	<0,19	<0,22	<0,17	<0,54	2,90	<0,23	<0,14	<0,16	<0,26	<0,23	<0,22	<0,26	<0,40	<0,25	<0,80		
2018	P14 18/3	<0,04	<0,09	<0,12	<0,12	<0,10	0,77	2,16	<0,09	<0,06	<0,06	<0,11	<0,09	<0,11	<0,10	<0,13	<0,14	<0,31		
	P14 18/4	<0,25	<0,23	<0,23	<0,23	<0,22	1,66	6,83	<0,47	0,41	1,24	<0,40	<0,43	0,62	<0,40	2,07	<0,26	1,24		
	P14 19/1	<0,22	<0,31	<0,46	<0,45	<0,39	<0,47	1,24	<0,19	<0,22	<0,24	<0,22	<0,22	<0,29	<0,25	<0,34	<0,34	<0,48		
	P14 19/2	<0,07	<0,07	<0,12	<0,12	<0,11	<0,08	3,32	<0,13	<0,12	<0,13	<0,75	<0,66	<0,65	<0,76	<0,07	<0,07	0,32		
2019	P14 19/3	<0,45	<0,24	<0,38	<0,38	<0,36	5,21	13,23	<0,38	0,80	<0,57	<1,06	<1,03	<1,14	<1,02	1,20	<0,29	1,00		
	P14 19/4								non disponibile											
	P14 14/0	<0,36	<0,55	<0,44	<0,56	<0,47	<1,02	5,5	<0,44	<0,36	<0,36	<0,45	<0,48	<0,52	<0,49	<0,59	<0,56	<1,15		
	P14 14/1	<0,07	<0,12	<0,14	<0,17	<0,14	<0,26	1,62	<0,09	<0,06	<0,06	<0,08	<0,08	<0,09	<0,09	<0,18	<0,17	<0,49		
Fossamastra	2014	P14 14/2	<0,07	<0,18	<0,15	<0,19	<0,15	<0,31	<0,56	<0,15	<0,10	<0,10	<0,12	<0,11	<0,14	<0,14	<0,17	<0,17	<0,44	
		P14 15/1	<0,17	0,87	<0,27	1,22	<0,26	3,82	4	0,52	0,87	0,52	0,69	1,04	0,69	<0,21	1,74	<0,30	2,61	
		P14 15/2	<0,19	<0,29	<0,30	<0,34	<0,28	2,47	<0,72	0,33	0,33	0,16	<0,23	<0,23	0,33	<0,21	0,99	<0,30	1,97	
		P14 15/3	<0,08	<0,52	<0,28	<0,31	<0,25	<0,33	3,07	<0,15	<0,09	<0,10	<0,19	<0,17	<0,19	<0,19	<0,23	<0,23	<0,54	
	2015	P14 15/4	<0,14	<0,14	<0,16	<0,18	<0,15	<0,24	<0,35	<0,14	<0,11	<0,11	<0,12	<0,12	<0,12	<0,11	0,54	<0,16	<0,27	
		P14 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	
		P14 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	
		P14 16/3	<0,10	<0,19	<0,23	<0,37	<0,21	<0,27	0,16	<0,11	<0,11	<0,07	<0,24	<0,17	<0,17	<0,17	<0,41	<0,26	<0,59	
	2016	P14 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	
		P14 17/1	<0,19	<0,23	<0,28	<0,32	<0,27	7,37	15,74	<0,20	<0,16	0,73	<0,20	<0,18	<0,20	<0,19	2,53	0,47	2,17	
		P14 17/2	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 17/3	<0,50	<0,65	<0,95	<0,91	<0,76	<1,44	11,13	<0,42	<0,64	<0,58	<0,58	<0,56	<0,58	<0,56	<0,76	<0,79	<1,76	
2017	P14 17/4	<0,11	<0,11	0,36	2,52	1,80	15,68	22,88	1,44	0,72	1,08	1,26	0,54	0,54	<0,12	1,80	0,54	1,44		
	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		
2018	P14 15/1	<0,21	<0,22	<0,23	<0,29	<0,23	2,26	<0,57	<0,44	<0,15	0,7	0,87	0,52	0,87	<0,21	2,26	<0,24	1,74		
	P14 15/2	<0,15	<0,19	<0,20	0,7	0,52	2,97	3,67	0,52	0,52	0,7	0,7	0,7	0,52	<0,16	2,27	0,7	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		
	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		
2019	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	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	0,4	<0,17	<0,17	<0,45	<0,26	<0,59		
	P14 16/4	<																		

		Rateo di PCDD/F nelle deposizioni – [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	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	OCDF
2018	P14 18/1		<0,10	<0,14	<0,15	0,46	<0,10	4,94	10,19	<0,14	0,31	0,46	<0,12	0,46	<0,12	<0,10	0,93	0,31	1,24
	P14 18/2		<0,13	<0,16	<0,18	<0,21	<0,16	<0,29	2,90	<0,19	<0,12	<0,12	<0,14	<0,14	<0,18	<0,15	<0,31	<0,18	<0,49
	P14 18/3		<0,05	<0,11	<0,14	<0,15	<0,12	0,93	2,16	<0,11	<0,07	<0,07	<0,12	<0,12	<0,12	<0,11	0,62	<0,14	<0,33
	P14 18/4		0,41	0,62	0,83	1,04	1,24	3,73	10,16	<0,50	1,04	1,66	1,04	1,24	1,04	1,04	3,11	1,04	3,32
2019	P14 19/1		<0,13	<0,19	<0,32	<0,32	<0,29	<0,31	6,03	<0,18	<0,19	<0,19	0,46	<0,15	<0,22	<0,21	1,86	0,31	1,70
	P14 19/2		<0,10	<0,10	<0,11	<0,11	<0,11	<0,93	3,49	<0,11	<0,14	<0,16	<0,76	<0,71	<0,73	<0,82	<0,06	<0,07	<0,15
	P14 19/3		<0,33	<0,24	<0,24	<0,26	<0,24	1,60	4,80	<0,35	<0,28	<0,29	<0,84	<0,77	<0,89	<0,82	0,60	<0,22	<0,40
	P14 19/4		<0,04	<0,05	<0,08	0,93	<0,08	5,87	14,99	<0,05	<0,05	<0,05	0,77	0,46	<0,06	0,62	2,16	<0,05	2,01

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



A.6.6. Ratei di deposizione di PCB (2014 – 2019). Valori in pg/m²/d

		Rateo di PCB nelle deposizioni – [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	PCB 189	
Bolano	2014	P14 14/0	<2	<2	<4	<1	<3	<3	<3	<3	<2	<2	<2	<2	
		P14 14/1	<1	<1	<4	<1	<4	<3	<3	<4	5	<1	2	<1	
		P14 14/2	<1	5	<2	<2	55	4	137	3	52	12	27	7	
	2015	P14 15/1	<1	1	4	2	2	2	1	<2	1	1	1	3	
		P14 15/2	1	2	3	2	1	2	1	<1	1	1	1	1	
		P14 15/3	<1	1	1	<1	1	<1	4	<1	1	1	1	1	
		P14 15/4	<1	1	1	<0,5	1	<1	4	<1	1	0,5	1	1	
	2016	P14 16/1	<0,4	1,5	1	<0,2	3,2	<0,9	6,2	<0,9	3,2	0,2	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	1,3	
		P14 16/3	<0,5	0,7	0,8	<0,3	1	<0,7	0,9	<1,1	1,3	0,4	0,3	0,4	
		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	0,3	
	Follo	2014	P14 18/3	4,3	<1,2	19,8	<2,5	44,5	<2,5	2,4	9,7	1,7	2,8	<1,7	2,6
			P14 14/0	<1	<1	<3	<1	<2	<2	<2	<3	<1	<1	<1	<1
			P14 14/1	<1	4	<4	<1	<4	<4	<4	<4	3	<1	<1	<1
		2015	P14 14/2	<1	3	<1	<1	<2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
			P14 15/1	<1	1	2	<1	1	<1	1	<1	1	1	1	1
P14 15/2			3	2	3	5	2	5	2	<2	1	1	1	5	
P14 15/3			<1	1	1	<1	4	<1	22	<1	4	1	1	1	
2016		P14 15/4	<1	1	1	<1	1	<1	7	<1	1	1	1	1	
		P14 16/1	<0,4	3,3	0,8	<0,2	2,7	<0,0	8,1	1,7	4	1,5	2,7	1,2	
		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	0,5	
		P14 16/3	<0,5	0,7	0,8	<0,3	1	<0,7	0,9	<1,1	0,4	0,3	0,1	0,4	
2017		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	0,3	
		P14 17/1	<2,7	3,1	4,4	<1,9	3,7	<3,3	3	<3,2	2,1	2,4	1,3	1,5	
		P14 17/2	<2,7	2,7	3,8	<1,1	14,1	<4,4	22	<4,0	1,5	1,4	1,5	1,6	
		P14 17/3	<1,5	1,5	3,6	<0,9	13,7	<3,2	18,8	<2,9	1,1	1	1,2	1,9	
2018		P14 17/4	<0,6	2,7	0,9	<0,4	5,4	<0,9	8,1	<1,0	1,1	1,1	0,7	0,5	
	P14 18/1	84,9	<1,6	1592,3	<3,4	3991,5	139,0	10,2	2465,6	237,8	1153,7	36,6	703,5		
	P14 18/2	421,2	<4,6	1464,1	<7,3	2537,3	48,5	113,5	585,3	193,8	300,8	<6,6	35,9		
	P14 18/3	3,4	<1,0	19,5	<2,6	45,7	<2,8	2,4	9,9	1,1	1,5	<0,9	0,9		
2019	P14 18/4	2,3	<1,3	16,8	<1,8	32,1	<1,8	1,7	5,2	1,9	2,7	<0,8	1,5		
	P14 19/1	<0,2	0,9	<0,5	<0,3	5,7	<0,5	15,2	<0,5	4,3	0,8	1,1	0,9		
	P14 19/2	<1,0	5,6	2,5	2,5	11,3	2,7	24,0	3,0	3,5	2,4	3,3	2,7		
	P14 19/3	<2,4	11,0	<2,5	<1,0	22,2	<2,4	47,2	<2,3	5,6	<1,1	3,0	<1,0		
Arcola	2014	P14 19/4	<0,9	<0,8	<2,5	<0,4	16,0	<4,3	27,3	<4,2	4,8	<0,9	2,8	<1,1	
		P14 14/0	<2	<2	<3	<1	<2	<3	<3	<3	<1	<1	<1	<1	
		P14 14/1	<1	27	12	<2	11	<4	25	<5	31	8	12	4	
	2015	P14 14/2	<1	14	5	<2	45	<2	78	<2	29	9	9	3	
		P14 15/1	3	84	22	<4	199	9	451	8	114	36	51	9	
		P14 15/2	<1	12	4	2	42	3	70	2	23	7	9	4	
		P14 15/3	3	4	3	2	14	2	40	<2	6	3	5	1	
	2016	P14 15/4	<1	122	26	<2	277	10	542	7	128	39	56	7	
		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	3,7	
		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	7,5	
		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	0,1	
	2017	P14 16/4	<0,4	46,9	18,1	<0,2	127,6	2,5	174	3,2	105	25,8	30,1	7,7	
		P14 17/1	<3,5	107,5	29,8	<4,7	335,5	<5,7	564,7	<5,5	187,3	56,6	64,1	11,1	
		P14 17/2	<2,5	77,2	21,4	<2,6	279	<4,8	400,6	<4,9	168	55	55,6	12,2	
		P14 17/3	<1,8	1,9	4,5	<1,1	24,6	<3,4	59,9	<3,7	6	4,5	1,7	2,1	
	2018	P14 17/4	2	93,7	22,3	<1,7	239,6	6,8	419,8	8,6	109,9	33,7	53,7	6,5	
P14 18/1		2,5	<0,7	37,1	<1,5	81,9	<1,6	2,5	48,3	6,5	24,7	<1,2	11,3		
P14 18/2		31,7	<3,2	396,1	31,5	613,5	29,5	7,4	127,6	46,7	69,5	<7,4	12,4		
P14 18/3		2,8	<1,1	8,8	<1,9	23,2	2,5	2,0	4,6	1,5	2,8	<0,8	1,5		
2019	P14 18/4	4,4	<1,5	40,0	<2,4	75,3	<2,5	2,2	15,6	3,9	8,9	<1,2	3,3		
	P14 19/1	<0,2	<0,2	<0,5	<0,2	8,7	<0,5	16,2	<0,6	3,1	0,6	1,2	<0,3		
	P14 19/2	<0,9	5,6	2,4	2,4	15,4	<1,1	32,8	3,0	6,3	3,2	4,6	2,5		
	P14 19/3	<2,3	8,2	<2,3	<1,2	23,0	<2,3	55,2	<2,4	9,6	2,2	5,0	1,2		
Le Grazie	2014	P14 19/4	<1,6	<0,9	<3,9	<0,6	39,7	<4,8	74,1	<5,1	26,1	<1,9	9,9	<1,5	
		P14 14/0	<1	<1	<3	<1	<3	<3	<3	<3	<1	<1	<1	<1	
		P14 14/1	<1	<1	<4	<1	<3	<4	<3	<4	6	<2	4	<2	
	2015	P14 14/2	<1	3	<1	<1	5	<1	4	<1	4	4	2	<2	
		P14 15/1	3	5	3	2	26	3	50	2	10	2	5	5	
		P14 15/2	2	2	2	2	9	2	8	1	8	1	2	4	
		P14 15/3	1	2	1	1	4	<1	18	<1	3	1	1	1	
	2016	P14 15/4	<1	1	1	<1	9	<1	26	<1	5	1	2	1	
		P14 16/1	<0,4	2,8	1	<0,2	11,9	1,5	31,7	<0,3	10	2	3,7	1,1	
		P14 16/2	<0,6	3,3	1,5	<0,7	1,2	2	7	<1,4	9,4	0,5	1,6	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	0,4	
	2017	P14 16/4	<0,4	0	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,7	<0,8	0,1	0,8	5,2	3,1	
		P14 17/2	<2,1	2,3	3,9	<1,5	6,9	<3,7	34,2	<3,6	2,9	1,7	3,7	2	
		P14 14/0	<1	<1	<3	<1	<3	<3	<3	<3	<1	<1	<1	<1	
	Chiappa	2014	P14 14/1	<1	<1	<3	<1	<2	<3	<3	<1	<1	2	<1	
			P14 14/2	<1	<1	<2	<1	5	<1	5	<2	2	<1	<1	
P14 15/1			2	1	2	2	1	2	1	<1	2	1	1	4	

		Rateo di PCB nelle deposizioni – [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	PCB 189	
Maggiolina	2016	P14 15/2	2	2	1	2	1	1	1	<1	1	1	1	3	
		P14 15/3	<1	3	2	2	6	<1	31	2	4	2	2	2	
		P14 15/4	<1	1	1	<1	2	<1	5	<1	1	1	1	1	
		P14 16/1	<0,4	3,2	0,9	<0,2	6,8	<0,9	17,8	<0,9	6,9	2	3,3	0,8	
	P14 16/2	<0,6	2,7	1	0,4	2,8	<0,1	7,3	1,3	4,1	0,2	2,3	0,9		
	P14 16/3	<0,5	2,1	0,8	<0,3	1	<0,1	0,9	<1,1	0,4	0,3	0,4	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	0,3		
	P14 14/0	<2	<2	<4	<2	<3	<3	<3	<3	13	<2	<2	<2		
	P14 14/1	<1	<1	<3	<2	<2	<2	<2	<3	10	<2	4	3		
	P14 14/2	<1	7	<2	<1	23	<2	40	<2	4	2	2	2		
	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	3		
	P14 15/3	<1	4	1	1	35	3	90	<1	10	3	6	3		
	P14 15/4	<1	1	1	<1	18	<1	44	<1	5	1	2	1		
	P14 16/1	<0,3	11,8	1	<0,2	57,8	<3,3	117,4	6	24,6	7,4	15	3,8		
	P14 16/2	<0,6	6	2,6	0,4	55,6	1,4	103,3	2,3	10,6	0,7	6,8	2,2		
	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	0,4		
	P14 16/4	<0,4	2,6	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,6	<0,8	2,9	1	0	0,3		
	P14 17/1	<2,2	2,3	3,3	<1,1	16,2	<3,1	41,5	<3,0	8,7	1,5	1,3	1,4		
	P14 17/2	<1,4	1,6	2,9	<1,2	47,1	<2,9	91,5	<2,8	13,5	4,2	6	1,5		
P14 18/1	4,0	<0,9	55,9	<1,7	142,9	2,3	1,6	70,6	7,3	39,1	<1,3	18,5			
P14 18/2	18,1	<1,6	64,7	<3,3	127,8	<3,4	3,4	13,1	4,1	7,7	<1,7	1,4			
P14 18/3	6,6	<1,4	69,5	<3,4	144,4	<3,9	3,4	25,2	4,3	9,9	<2,4	3,9			
P14 18/4	13,7	<2,2	157,3	6,0	296,0	5,6	3,0	39,3	8,3	18,0	<1,9	4,3			
P14 19/1	<0,3	<0,2	<0,7	<0,3	3,1	<1,0	5,9	<0,8	0,5	0,5	<0,6	<0,5			
P14 19/2	<1,1	7,3	3,3	2,5	31,7	3,6	64,9	<3,8	9,7	4,0	6,5	3,3			
P14 19/3	<2,5	11,2	<3,5	<1,8	45,7	<3,4	92,6	<3,5	12,8	3,8	6,4	<1,9			
P14 19/4	non disponibile														
Saint Bon	2014	P14 14/0	<3	<3	<6	<5	<5	<5	<5	<6	<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		
	P14 15/1	2	6	3	2	18	2	40	1	7	2	3	4		
	P14 15/2	2	5	3	1	18	3	34	1	7	1	5	3		
	P14 15/3	<1	5	1	<1	19	3	57	2	13	4	6	2		
	P14 15/4	<1	1	1	<1	25	<1	58	<1	6	1	1	1		
	P14 16/1	<0,4	0,5	1	<0,2	34,2	<0,9	59,6	<0,9	18,4	3,3	7,3	0,2		
	P14 16/2	<0,6	8,4	1	<0,4	55,9	1,3	93,8	<1,3	4,9	5,1	11	3,5		
	P14 16/3	<0,5	1,8	0,8	<0,3	8,3	1,7	5	<1,1	4,1	2,4	2	0,4		
	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	0,3		
	P14 17/1	<2,5	1,8	3,1	<1,4	6,1	<3,3	21	<2,8	5,8	2,2	3,4	1,7		
	P14 17/2	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 17/3	<1,8	2,1	5,2	<2,3	97	<4,2	249,6	<4,4	35,6	6,4	12,7	2,6		
	P14 17/4	<0,8	5,9	1,4	<1,1	42,9	<1,4	81,8	2,9	14,1	5,2	7	2,7		
	Fossasmastra	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		
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			
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	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			
P14 17/1		<3,5	4,2	7,8	<4,9	120,3	<5,4	267,9	<5,7	41,5	9,4	20,8			
P14 17/2		<1,8	21,8	3,9	1,9	158,3	11,2	315,6	8,7	67,6	13,3	32,4			
P14 17/3		<1,8	10,5	4,4	<2,7	91,4	<4,0	182	<4,5	56,4	11,1	23,8			
P14 17/4		1,4	15,9	2,9	<1,6	118,9	6,5	241,4	6,1	46,8	10,3	24,3			
P14 18/1		1,8	<1,8	99,8	<5,0	207,9	<5,2	5,0	54,7	15,1	38,6	<4,4			
P14 18/2	8,9	<1,1	85,9	7,1	220,1	3,5	1,9	45,8	7,9	24,7	<1,7				
P14 18/3	13,3	<1,5	61,3	4,0	147,5	4,3	4,3	36,1	7,4	18,8	<3,2				
P14 18/4	18,0	<2,0	164,4	6,4	340,2	7,2	5,0	72,6	17,2	35,0	<2,7				
P14 19/1	<0,3	0,8	<0,8	<0,5	13,3	<0,8	29,2	<0,8	4,8	1,1	1,2				
P14 19/2	<1,3	17,1	6,2	3,3	90,2	7,3	189,8	6,6	44,9	10,8	26,1				
P14 19/3	<2,7	18,0	<3,5	<2,5	84,2	5,8	188,4	<3,6	33,7	6,0	18,2				
P14 19/4	<1,1	12,6	<2,8	<0,6	77,5	<5,6	175,1	<5,4	41,1	<3,4	4,9				
Melara	2015	P14 15/3	<1	1	1	<1	15	1	47	2	6	1			
		P14 15/4	<1	1	1	<1	1	<1	1	1	1	1			
	P14 16/1	<0,4	1,6	0,4	<0,2	17,9	<0,9	36,3	<0,4	10,7	2,3	4			
	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			
	P14 17/1	<1,9	2,3	3,1	<1,4	2,7	<2,5	9,2	<2,3	3,9	1,5	1,4			
	P14 17/2	<2,2	2,5	3,8	<1,4	26,1	<3,6	51,7	<3,6	9,1	2,5	5,6			
	P14 17/3	<1,6	1,6	4,1	<1,4	22,4	<4,2	56,1	<3,2	6	3,5	2,5			
	P14 17/4	<0,7	4,1	1	<0,7	12,3	<1,0	25,4	<1,1	5,2	1,6	2			
P14 18/1	2,5	<0,6	11,7	<1,0	32,9	1,1	1,0	6,2	1,5	3,2	<0,6				
P14 18/2	5,2	<1,3	32,6	<2,7	56,9	<2,8	2,7	12,7	4,1	7,1	<1,3				

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



		Rateo di PCB nelle deposizioni – [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	PCB 189
		P14 18/3	4,3	<1,1	25,5	<2,4	49,4	<2,7	2,3	15,0	1,8	5,6	<1,6	1,7
		P14 18/4	5,4	<1,7	36,1	2,9	83,3	<2,2	2,1	13,1	3,3	7,7	<1,3	2,7
	2019	P14 19/1	<0,2	<0,3	<0,8	<0,6	14,4	<0,8	28,3	<0,8	6,8	1,2	2,5	1,4
		P14 19/2	<1,0	7,3	2,9	2,7	19,2	3,0	36,6	3,0	7,0	3,3	4,9	3,0
		P14 19/3	<2,2	9,8	<2,0	<0,9	23,6	<2,1	46,4	<2,2	6,6	1,4	3,0	<1,2
		P14 19/4	<3,3	<1,1	<5,7	<1,0	16,8	<3,3	33,2	<3,0	<1,1	<1,1	<1,3	<1,0

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

A.6.7. APPENDICE – Ratei di deposizione di specie ioniche (2014 – 2019)

Postazione	Anno	Campagna	Rateo di deposizione delle specie ioniche nelle deposizioni - [mg/m ² /d]								
			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	0,85	4,6	3,6	2,2	1,6
		P14 14/1	3,5	9,0	1,2	0,8	0,61	14,4	2,7	7,1	5,1
		P14 14/2	1,7	3,1	0,5	0,4	1,11	4,3	4,7	4,0	3,4
	2015	P14 15/1	4,1	10,0	1,3	0,5	0,17	15,0	6,4	4,9	2,8
		P14 15/2	3,0	2,8	0,5	0,4	0,39	4,0	4,4	3,1	2,6
		P14 15/3	1,6	0,8	0,2	0,9	0,28	0,9	1,8	1,3	1,2
	2016	P14 15/4	3,5	4,2	0,7	0,8	0,15	6,2	5,4	5,8	4,9
		P14 16/1	5,7	13,0	1,3	2,6	2,12	20,3	8,3	6,3	3,5
		P14 16/2	4,7	4,5	0,7	1,1	1,19	5,3	3,1	2,4	1,7
	2017	P14 16/3	5,4	1,3	0,8	4,8	1,36	2,8	1,8	1,8	1,4
		P14 16/4	3,9	1,4	0,3	0,5	0,67	3,2	2,5	1,9	1,5
		P14 17/1	3,0	12,0	1,3	0,9	2,28	17,6	11,7	9,9	7,5
	2018	P14 17/2	3,7	4,4	0,6	0,7	0,29	7,3	5,0	3,3	2,3
		P14 17/3	2,3	1,8	0,3	0,8	0,72	3,3	1,5	1,2	0,8
		P14 17/4	1,8	3,4	0,4	0,7	0,23	4,9	4,4	2,5	1,8
	2019	P14 18/1	1,5	9,2	1,2	0,8	1,3	17,2	8,8	5,9	3,5
		P14 18/2	10,3	6,0	1,2	0,8	2,8	13,2	10,7	9,8	8,0
		P14 18/3	6,8	1,6	0,6	1,3	0,8	4,9	3,4	2,9	2,2
	2019	P14 18/4	54,7	31,5	7,7	12,8	2,5	60,6	6,3	27,2	18,7
		P14 19/1	4,1	7,1	1,2	1,4	2,9	11,2	7,2	6,9	5,3
P14 19/2		3,7	0,6	0,4	1,2	1,1	1,2	3,5	2,7	2,5	
P14 19/3		8,2	10,3	2,0	3,2	0,3	17,2	10,1	10,1	7,7	
Follo	2014	P14 19/4	10,8	26,0	4,0	4,5	2,3	43,2	13,5	11,8	5,8
		P14 14/0	2,7	3,4	0,6	0,3	0,44	5,2	3,8	2,4	1,7
		P14 14/1	2,7	3,8	0,5	0,5	2,04	5,6	6,2	5,1	4,4
	2015	P14 14/2	2,4	4,6	0,7	0,4	1,61	6,4	7,5	7,0	6,1
		P14 15/1	2,0	11,1	1,1	0,5	0,31	16,6	5,9	5,2	2,9
		P14 15/2	3,9	4,6	0,7	0,5	1,07	6,5	7,4	4,7	3,8
	2016	P14 15/3	1,0	0,7	0,1	0,2	0,09	0,9	1,9	0,7	0,6
		P14 15/4	5,5	5,8	0,8	0,4	0,54	9,7	4,9	5,9	4,6
		P14 16/1	2,5	8,6	0,7	0,5	1,54	13,7	6,6	5,5	3,6
	2017	P14 16/2	4,7	4,1	0,6	1,2	1,95	7,2	3,5	2,9	1,9
		P14 16/3	2,5	1,4	0,2	0,2	0,15	2,5	2,1	1,3	0,9
		P14 16/4	2,3	1,8	0,3	0,3	0,01	3,0	3,2	1,7	1,3
	2018	P14 17/1	9,0	12,9	1,2	1,2	3,39	19,0	12,5	10,9	8,2
		P14 17/2	3,0	6,2	0,8	0,4	0,77	9,0	5,4	4,0	2,8
		P14 17/3	2,5	1,6	0,2	0,2	0,01	2,6	2,2	1,3	1,0
	2019	P14 17/4	3,3	4,9	0,5	0,3	0,21	7,2	5,3	3,2	2,1
		P14 18/1	1,5	11,9	1,5	0,9	2,6	22,9	11,2	8,3	5,1
		P14 18/2	8,5	6,5	1,2	0,9	3,4	14,4	9,5	9,4	7,4
	2019	P14 18/3	2,9	1,2	0,3	0,2	0,3	2,0	3,2	2,2	1,9
		P14 18/4	46,4	47,2	7,7	2,9	4,7	83,5	14,1	34,5	22,9
P14 19/1		2,5	8,7	1,1	0,6	3,7	13,6	9,0	7,4	5,5	
P14 19/2		5,1	0,9	0,3	0,2	0,7	2,3	4,0	3,2	2,9	
Arcola	2014	P14 19/3	4,4	11,9	1,5	1,4	6,4	18,6	10,2	10,4	7,8
		P14 19/4	4,1	22,8	2,8	1,2	2,7	36,3	11,8	10,0	4,9
		P14 14/0	3,0	3,3	0,5	0,5	0,44	5,8	3,0	2,3	1,4
	2015	P14 14/1	4,3	6,7	0,9	0,7	0,12	11,6	0,4	5,8	4,2
		P14 14/2	1,9	3,4	0,5	0,4	0,80	6,3	3,8	2,8	1,9
		P14 15/1	4,9	13,4	1,6	0,5	0,30	21,0	5,8	5,5	2,6
	2016	P14 15/2	4,3	4,0	0,6	0,7	0,21	6,4	5,2	3,8	2,9
		P14 15/3	1,7	0,7	0,1	0,3	0,00	1,8	1,6	0,8	0,6
		P14 15/4	7,7	6,4	1,6	0,2	0,71	12,8	9,4	8,5	6,7
	2017	P14 16/1	4,5	11,4	1,2	2,2	2,00	19,0	8,4	6,4	3,7
		P14 16/2	5,7	5,4	0,8	1,4	1,97	10,2	5,0	4,5	3,1
		P14 16/3	1,1	0,7	0,1	0,2	0,07	1,2	1,3	0,7	0,6
	2018	P14 16/4	2,9	2,4	0,4	0,2	1,01	3,4	5,3	3,0	2,6
		P14 17/1	2,4	10,6	0,9	0,8	2,75	16,3	10,6	8,7	6,4
		P14 17/2	3,2	4,3	0,6	0,8	0,41	6,1	4,9	3,9	3,0
	2019	P14 17/3	0,9	1,4	0,1	0,3	0,06	2,2	0,9	0,6	0,3
		P14 17/4	2,7	3,8	0,4	0,4	0,27	6,6	4,9	2,6	1,7
		P14 18/1	2,1	9,5	1,2	0,7	1,6	18,7	9,6	6,0	3,4
	2019	P14 18/2	9,1	7,0	1,2	0,9	2,2	15,5	7,7	8,8	6,6
		P14 18/3	1,3	0,9	0,1	0,1	0,01	2,2	0,01	0,1	0,0
P14 18/4		38,1	34,3	5,9	3,1	1,8	64,5	8,3	25,7	16,7	
P14 19/1		4,2	7,8	1,0	0,6	2,5	12,5	8,0	7,0	5,2	
2014	P14 19/2	5,6	1,2	0,4	0,4	1,7	4,3	3,9	3,3	2,7	
	P14 19/3	3,9	10,7	1,4	1,1	2,4	15,7	9,2	10,5	8,3	
2014	P14 19/4	4,1	22,2	2,7	1,3	3,1	35,8	10,9	9,1	4,1	
	P14 14/0	5,7	3,8	0,7	0,6	0,27	6,0	2,4	3,9	3,0	

Postazione	Anno	Campagna	Rateo di deposizione delle specie ioniche nelle deposizioni - [mg/m ² /d]								
			Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nsSO ₄ ²⁻
Chiappia	2015	P14 14/1	3,7	8,3	1,2	0,6	0,51	13,2	7,1	7,4	5,6
		P14 14/2	1,5	2,2	0,3	0,6	1,09	3,7	2,0	2,4	1,9
		P14 15/1	3,1	20,5	2,5	0,9	0,79	31,8	5,8	7,2	2,8
		P14 15/2	4,4	4,8	0,8	0,7	0,06	7,3	4,8	4,3	3,3
	2016	P14 15/3	1,0	1,2	0,1	0,2	0,00	1,6	0,8	0,5	0,3
		P14 15/4	3,3	7,2	1,0	0,5	0,09	11,8	1,5	5,1	3,4
		P14 16/1	3,4	11,3	1,1	0,7	1,80	17,8	6,0	5,8	3,3
		P14 16/2	5,2	7,3	1,0	0,9	1,03	14,6	6,4	4,9	2,9
	2017	P14 16/3	0,4	0,4	0,1	0,1	0,00	0,6	0,4	0,2	0,1
		P14 16/4	0,5	0,3	0,0	0,0	0,00	0,5	0,5	0,2	0,2
		P14 17/1	1,6	13,5	1,4	0,7	2,05	21,0	7,8	7,7	4,8
		P14 17/2	2,7	4,9	0,6	0,4	0,52	7,1	4,2	3,4	2,4
	2018	P14 17/3	1,3	1,2	0,2	0,2	0,49	2,0	0,8	0,6	0,3
		P14 17/4	2,7	5,9	0,6	0,4	0,07	8,7	4,1	3,3	2,1
		P14 18/1	1,1	9,6	1,2	0,7	1,6	17,9	9,6	5,9	3,4
		P14 18/2	7,1	7,5	1,3	0,7	0,6	14,4	5,3	6,3	4,3
	2019	P14 18/3	1,6	0,9	0,2	0,1	0,1	1,7	0,2	0,8	0,6
		P14 18/4	42,3	57,0	8,7	3,1	2,4	106,0	8,8	32,7	17,9
		P14 19/1	3,4	14,5	1,8	1,4	4,6	23,1	8,5	8,7	5,5
		P14 19/2	3,6	1,8	0,5	0,2	0,2	3,0	0,0	2,6	2,2
Maggiolina	2014	P14 19/3	3,7	14,2	1,8	1,5	2,2	22,4	9,3	10,3	7,1
		P14 19/4	4,3	33,2	4,1	1,5	2,2	55,4	9,8	11,9	4,2
		P14 14/0	2,4	5,8	0,7	0,7	0,04	8,8	4,1	2,7	1,5
		P14 14/1	2,9	5,2	0,8	0,8	0,39	7,9	6,6	4,6	3,5
	2015	P14 14/2	1,6	3,6	0,5	0,6	1,59	5,1	4,8	3,7	3,0
		P14 15/1	2,7	11,8	1,3	0,5	0,14	18,1	5,8	5,9	3,4
		P14 15/2	2,1	3,8	0,5	0,4	0,77	5,5	5,0	4,2	3,4
		P14 15/3	0,6	0,7	0,1	0,4	0,09	0,8	0,9	0,6	0,5
	2016	P14 15/4	3,0	5,5	0,6	0,5	1,21	8,6	7,3	7,2	6,0
		P14 16/1	3,6	8,8	0,8	0,8	4,02	13,9	12,5	6,7	4,7
		P14 16/2	4,7	4,0	0,6	1,2	1,54	9,9	7,7	4,5	3,1
		P14 16/3	1,0	0,8	0,1	0,3	0,20	1,1	1,0	0,7	0,5
	2017	P14 16/4	2,0	2,6	0,4	2,2	12,26	3,9	3,4	5,0	4,5
		P14 17/1	2,4	16,6	1,6	0,9	2,60	25,5	13,4	12,3	8,8
		P14 17/2	2,6	5,3	0,7	0,6	0,29	7,7	5,2	4,0	2,9
		P14 17/3	0,6	1,0	0,3	2,9	0,004	1,5	0,5	0,6	0,4
	2018	P14 17/4	1,5	3,6	0,3	0,5	0,39	5,0	4,5	2,6	1,9
		P14 18/1	1,6	11,0	1,3	0,8	1,1	20,7	10,5	7,0	4,1
		P14 18/2	5,9	5,2	0,8	0,6	2,5	13,0	6,5	6,8	5,2
		P14 18/3	1,8	1,0	0,2	0,5	0,004	2,5	0,01	1,1	0,8
2019	P14 18/4	56,2	54,0	8,7	3,4	4,7	99,8	12,8	40,0	26,0	
	P14 19/1	2,1	4,8	0,7	0,9	2,5	8,1	6,5	4,5	3,3	
	P14 19/2	4,5	0,8	0,3	0,4	0,6	3,3	3,8	3,0	2,5	
	P14 19/3	3,7	11,9	1,5	1,1	3,4	19,1	9,8	10,1	7,5	
Saint Bon	2014	P14 19/4	5,4	30,4	3,8	1,5	7,7	49,3	15,2	13,8	6,9
		P14 14/0	3,6	4,5	0,7	0,9	0,02	7,0	2,0	2,4	1,4
		P14 14/1	4,6	7,0	1,0	0,7	1,48	11,1	7,3	6,4	4,8
		P14 14/2	2,0	2,6	0,4	0,2	0,43	4,0	0,4	2,6	2,0
	2015	P14 15/1	4,5	16,5	2,0	0,8	0,48	24,5	6,9	7,7	4,3
		P14 15/2	4,0	2,7	0,6	0,2	0,06	4,0	5,7	3,5	3,0
		P14 15/3	1,1	1,0	0,1	0,6	0,10	1,3	1,5	0,9	0,7
		P14 15/4	4,0	3,9	0,8	0,4	0,14	6,7	3,0	5,6	4,6
	2016	P14 16/1	5,1	9,8	1,1	0,5	1,46	15,0	6,8	5,8	3,7
		P14 16/2	7,0	5,8	0,9	1,0	0,99	15,0	5,1	4,9	2,8
		P14 16/3	0,3	0,4	0,1	0,6	0,00	0,5	0,4	0,3	0,2
		P14 16/4	3,6	3,1	0,5	0,5	1,56	4,4	7,1	4,8	4,2
	2017	P14 17/1	3,4	14,3	1,4	0,9	3,14	21,6	12,2	10,6	7,6
		P14 17/2	3,4	5,0	0,8	0,6	0,06	7,3	4,8	3,4	2,4
		P14 17/3	1,4	1,6	0,2	0,6	0,02	2,9	1,1	0,8	0,4
		P14 17/4	2,2	4,8	0,6	0,7	0,32	6,3	4,5	3,2	2,3
	2018	P14 18/1	2,1	10,3	1,4	0,6	1,6	19,8	9,7	6,7	3,9
		P14 18/2	8,7	6,9	1,1	0,7	1,8	13,3	6,4	7,1	5,2
		P14 18/3	1,6	0,8	0,2	0,3	0,1	1,8	0,004	1,2	0,9
		P14 18/4	41,9	44,0	7,2	2,7	3,2	78,9	9,0	30,7	19,7
2019	P14 19/1	5,4	15,7	2,2	1,9	3,9	25,4	9,8	10,5	6,9	
	P14 19/2	6,8	1,2	0,7	2,4	0,4	3,8	3,4	3,8	3,3	
	P14 19/3	5,0	11,8	1,7	1,2	2,4	18,4	11,2	10,4	7,8	
	P14 19/4					non disponibile					
2016	2014	P14 14/0	4,1	3,1	0,5	0,5	0,57	4,6	3,6	2,0	1,4
		P14 14/1	5,5	6,3	1,2	1,0	0,82	10,1	7,2	6,3	4,9
		P14 14/2	3,9	4,2	0,8	0,7	0,18	6,8	2,9	3,8	2,9
		P14 15/1	13,1	17,5	3,0	1,5	2,41	26,4	7,4	8,9	5,2
	2015	P14 15/2	13,0	4,7	1,2	0,5	0,74	7,2	5,9	5,3	4,3
		P14 15/3	2,0	1,1	0,2	0,4	0,19	1,7	1,6	0,9	0,7
		P14 15/4	6,4	5,9	1,1	0,4	0,15	9,7	4,3	6,0	4,6
		P14 16/1	7,2	10,8	1,4	0,9	2,44	16,2	7,9	7,1	4,9

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Postazione	Anno	Campagna	Rateo di deposizione delle specie ioniche nelle deposizioni - [mg/m ² /d]									
			Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nsSO ₄ ²⁻	
Fossamastra	2017	P14 16/2	7,3	5,5	0,9	0,8	1,17	11,2	4,6	3,5	1,9	
		P14 16/3	0,9	0,7	0,1	0,2	0,00	1,1	0,9	0,6	0,4	
		P14 16/4	7,6	3,0	0,9	1,5	1,41	6,9	6,1	4,3	3,3	
		P14 17/1	6,7	18,9	1,9	2,1	4,43	28,9	14,4	13,4	9,4	
		P14 17/2	5,1	5,3	0,9	0,9	2,43	7,7	5,1	4,1	3,0	
		P14 17/3	1,2	1,3	0,2	0,6	0,00	2,5	1,1	0,9	0,5	
	2018	P14 17/4	4,1	4,6	0,7	1,5	0,69	6,6	4,2	3,1	2,1	
		P14 18/1	3,3	9,1	1,4	1,5	2,2	17,3	9,3	6,3	3,8	
		P14 18/2	7,5	5,3	1,1	0,7	2,3	10,2	5,1	5,9	4,5	
		P14 18/3	2,8	1,3	0,3	0,7	0,3	2,5	2,8	1,7	1,4	
		P14 18/4	53,1	55,4	9,8	9,8	5,6	103,4	10,7	38,3	23,8	
		P14 19/1	6,6	7,0	1,3	1,2	3,7	11,6	7,0	5,8	4,2	
	2019	P14 19/2	6,1	1,0	0,6	0,6	1,5	1,9	3,8	3,1	2,8	
		P14 19/3	8,7	16,7	2,9	2,8	5,8	27,3	10,7	12,1	8,3	
		P14 19/4	8,0	31,2	4,3	2,8	5,6	50,6	13,3	13,1	6,0	
		2014	P14 14/0	6,1	5,6	0,8	0,5	0,34	8,6	4,7	3,2	2,0
			P14 14/1	8,7	7,8	1,6	0,4	0,12	12,2	0,1	7,2	5,5
			P14 14/2	2,9	3,4	0,5	0,6	0,70	5,3	0,6	2,7	2,0
	2015	P14 15/1	16,5	16,7	3,1	0,7	0,12	25,5	6,0	7,8	4,3	
		P14 15/2	10,4	3,8	1,0	0,4	0,23	5,3	5,1	4,9	4,1	
		P14 15/3	1,9	1,7	0,2	0,2	0,10	2,2	2,9	1,5	1,2	
		P14 15/4	8,0	6,5	1,3	0,3	0,43	10,5	8,5	7,8	6,3	
	2016	P14 16/1	19,0	8,4	1,6	0,5	1,25	13,2	7,9	6,4	4,5	
		P14 16/2	12,9	5,5	1,2	0,7	0,99	10,2	6,0	4,0	2,6	
		P14 16/3	1,6	2,2	0,2	0,2	0,09	3,5	1,7	1,3	0,8	
		P14 16/4	7,6	3,9	0,8	0,3	0,74	5,3	5,7	3,8	3,0	
	2017	P14 17/1	9,9	12,1	1,7	0,7	1,77	20,1	10,1	9,4	6,6	
		P14 17/2	4,7	5,8	0,9	0,6	1,84	8,1	5,2	4,1	3,0	
		P14 17/3	2,5	3,1	0,3	0,2	0,00	4,8	1,6	1,2	0,5	
		P14 17/4	4,5	5,1	0,6	0,3	0,23	7,3	4,4	3,1	2,1	
	2018	P14 18/1	9,8	10,9	2,1	0,6	0,3	21,0	10,3	6,6	3,7	
		P14 18/2	11,3	6,2	1,6	0,6	1,2	12,3	5,7	6,5	4,8	
		P14 18/3	3,2	1,5	0,3	0,2	0,01	3,2	3,3	1,5	1,1	
		P14 18/4	60,4	69,7	10,9	3,8	3,6	131,3	9,5	39,2	20,8	
	2019	P14 19/1	25,4	15,9	2,6	0,9	2,4	25,8	8,6	9,3	5,7	
		P14 19/2	15,8	1,8	0,9	0,4	0,9	5,0	4,3	3,8	3,1	
P14 19/3		12,7	13,3	2,8	0,7	0,3	21,6	9,5	11,1	8,1		
P14 19/4		18,2	27,4	5,4	1,3	2,6	45,5	11,5	12,9	6,6		
Melara	2015	P14 15/3	1,2	0,6	0,1	0,2	0,10	0,7	1,8	1,0	0,9	
		P14 15/4	3,9	5,2	0,9	0,3	1,46	7,9	8,1	8,3	7,2	
	2016	P14 16/1	5,6	10,2	1,0	1,0	2,70	16,3	9,6	6,5	4,2	
		P14 16/2	4,9	4,8	0,8	0,8	0,87	7,2	6,5	3,5	2,5	
		P14 16/3	0,8	0,9	0,1	0,1	0,05	1,1	1,3	0,9	0,7	
		P14 16/4	6,9	3,8	1,5	1,1	1,06	5,3	8,2	6,3	5,5	
	2017	P14 17/1	3,3	10,3	1,3	0,7	3,23	15,2	10,3	9,1	7,0	
		P14 17/2	2,9	4,5	0,7	0,3	2,21	6,4	5,8	3,6	2,7	
		P14 17/3	1,2	1,3	0,2	0,2	0,00	2,0	1,5	1,0	0,7	
		P14 17/4	1,7	3,6	0,4	0,3	0,40	5,0	3,8	2,4	1,7	
	2018	P14 18/1	1,3	8,7	1,2	0,5	1,1	16,4	8,2	5,4	3,2	
		P14 18/2	10,0	7,1	1,8	0,9	2,7	13,1	6,7	7,8	6,0	
P14 18/3		1,5	0,8	0,1	0,2	0,004	1,6	1,7	1,1	0,9		
P14 18/4		50,5	57,0	10,2	6,6	3,1	104,6	9,7	35,9	21,3		
2019	P14 19/1	3,1	9,5	1,3	0,6	3,3	15,1	8,3	7,5	5,4		
	P14 19/2	4,2	0,8	0,3	0,3	1,9	2,0	3,3	3,2	3,0		
	P14 19/3	6,7	13,5	2,2	2,5	2,4	21,0	9,9	10,6	7,7		
	P14 19/4	5,7	24,5	3,2	1,4	3,0	39,5	11,8	11,2	5,7		

APPENDICE 7

VALIDAZIONE DEI DATI DI METALLI NEI DEPOSIMETRI

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.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.

Si ricorda che nel 2019 (vedi cap. 5 per dettagli) sono stati raccolti 36 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 19/1** - postazioni di Arcola, Fossamastra, Melara e Bianco;
- campagna **P14 19/2** - postazioni di Fossamastra, Saint Bon e Bianco;
- campagna **P14 19/3** - postazioni di Melara, Fossamastra e Saint Bon;
- campagna **P14 19/4** - postazioni di Arcola, Chiappa e Fossamastra;

Complessivamente sono stati controllati 13 campioni di deposizione su un totale di 36 (36%) deposizioni.

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	12	1	13	92%
Cromo Totale	12	1	13	92%
Piombo	13	0	13	100%
Rame	12	1	13	92%
Arsenico	12	1	13	92%
Vanadio	13	0	13	100%
Manganese	12	1	13	92%
Tallio	12	1	13	92%
Nichel	13	0	13	92%
TOTALE	111	6	117	95%

L'indice di validazione conclusivo, che è dato dalla media delle percentuali di conformità di ogni singolo parametro, risulta pari a 95% decisamente 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.

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 8

VALIDAZIONE DEI DATI DI PM10

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.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:

- P14 19/1 (14/03 - 18/04/19);
- P14 19/2 (20/06 - 24/07/19);
- P14 19/3 (08/10 - 04/11/19);
- P14 19/4 (07/11 - 11/12/19).

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 4 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 19/1	Chiappa	0,464	17%	0,612	SI
	Le Grazie	0,250	82%	0,575	SI
	Follo	0,536	7%	0,612	SI
P14 19/2	Chiappa	0,321	78%	0,727	SI
	Le Grazie	0,269	81%	0,616	SI
	Follo	0,407	24%	0,577	SI
P14 19/3	Chiappa	0,333	51%	0,594	SI
	Le Grazie	0,429	22%	0,594	SI
	Follo	0,571	4%	0,594	NO
P14 19/4	Chiappa	0,286	67%	0,575	SI
	Le Grazie	0,321	52%	0,575	SI
	Follo	0,321	52%	0,575	SI

Il caso in cui le due popolazioni di dati non sono considerati uguali secondo il test è quello relativo alla postazione di Follo nella campagna **P14 19/3**.

Al fine di valutare le eventuali correlazioni tra le tre postazioni di monitoraggio CESI e le postazioni ARPAL della RQA per tale campagna, si riportano di seguito le serie temporali di PM10 (cap. 6).

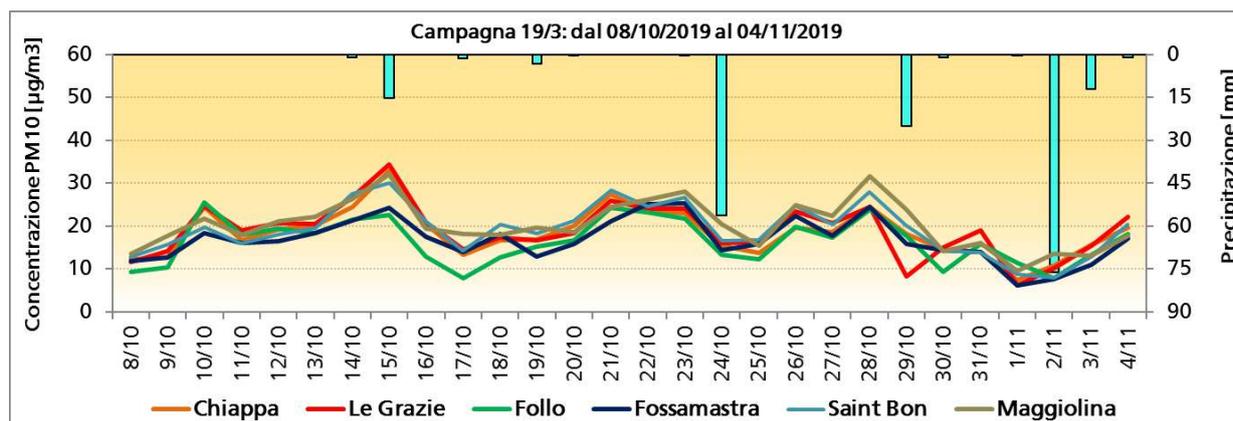


Figura 1 - Andamento temporale del PM₁₀ a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 19/3. Valori in µg/m³.

Si nota in particolare che, la campagna **P14 19/3** si distingue per l'estrema omogeneità della concentrazione giornaliera del PM10 in tutte le postazioni.

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 Follo nella campagna **P14 19/3**; tali dati però sono risultati abbastanza ben correlati con le altre postazioni della RQA.

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 Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.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

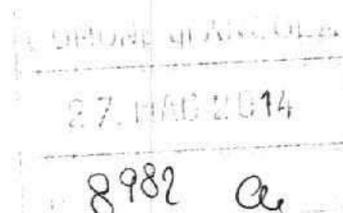
Avendo acquisito tutte le sottoscrizioni, si trasmette copia del verbale in oggetto.
Ad ENEL si invia duplice copia, affinché, se ritenuto necessario, ne faccia pervenire una a

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 RQA e SME e le parti interessate concordano che:

Per quanto riguarda la RQA, 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]
*P. Boverato

Allegati:

- Allegato 1 - Protocollo di attuazione della prescrizione 14
- Allegato 2 - Protocollo di attuazione della prescrizione 18

[Handwritten signatures]
A. Marino
D. L. M...
S. L. ...
P.C.I.
S...

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.).

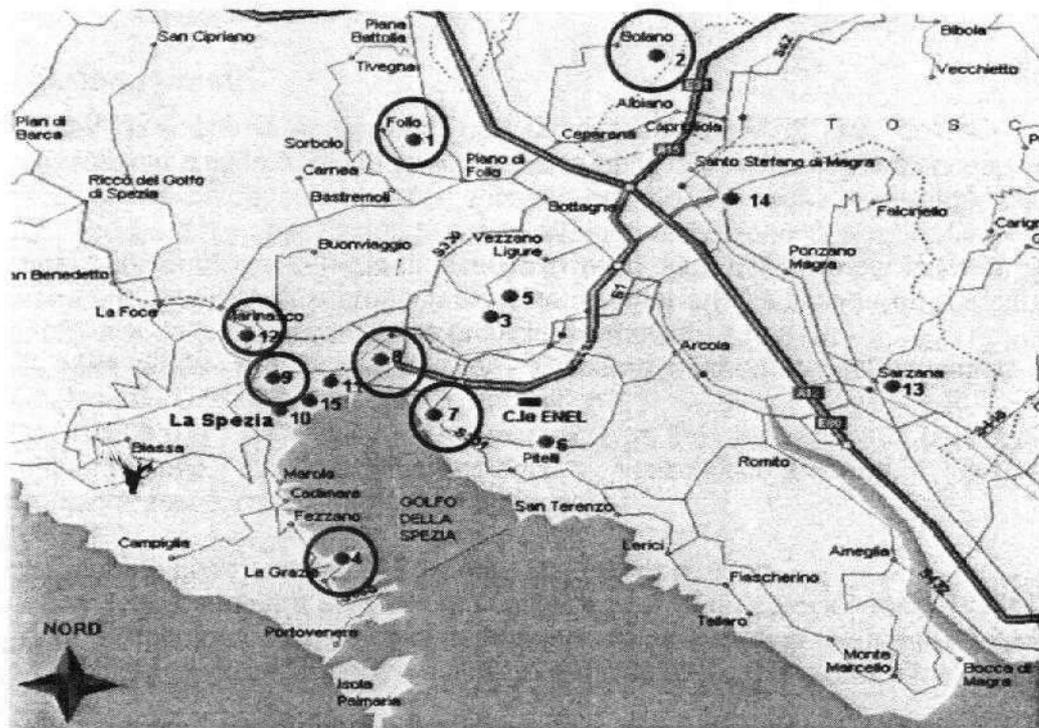
Nella tabella che segue sono indicate le postazioni individuate secondo i criteri sopra esposti e le integrazioni della attuale strumentazione per il rilevamento della qualità dell'aria:

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.

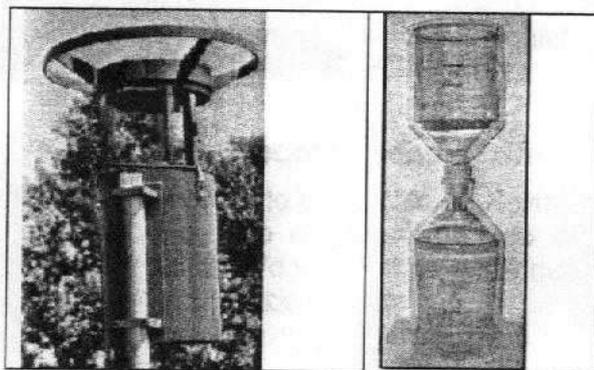
2.3 Tipi di deposimetri

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.

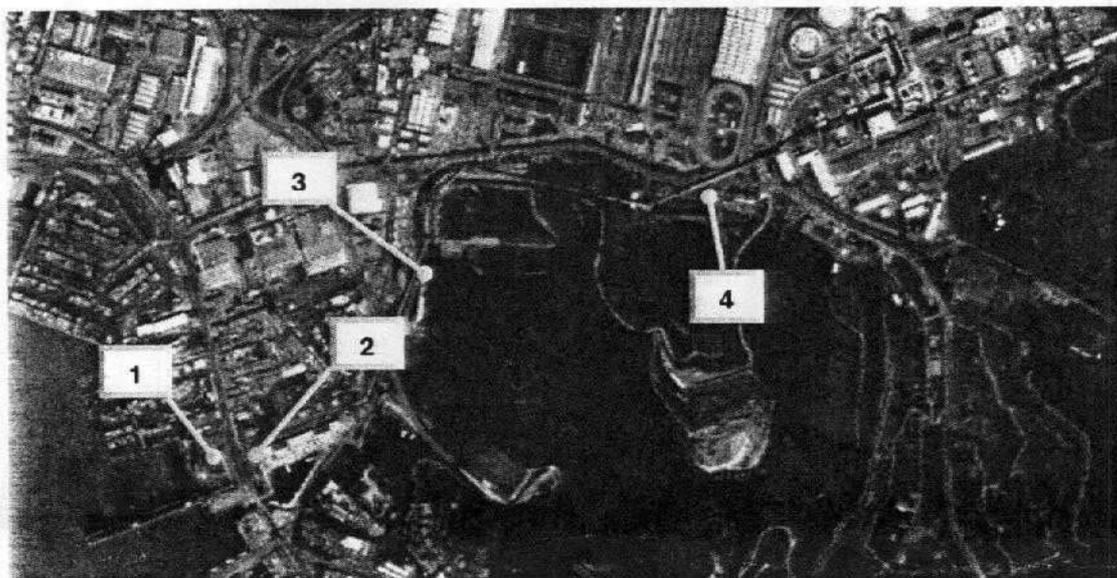
Per il 2014, primo anno di attuazione dei monitoraggi e in assenza di dati pregressi, si utilizzerà un ampio protocollo sperimentale per ottenere un numero sufficiente di informazioni sulle caratteristiche delle deposizioni atmosferiche riferibili all'utilizzo del carbone nella Centrale di La Spezia. 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

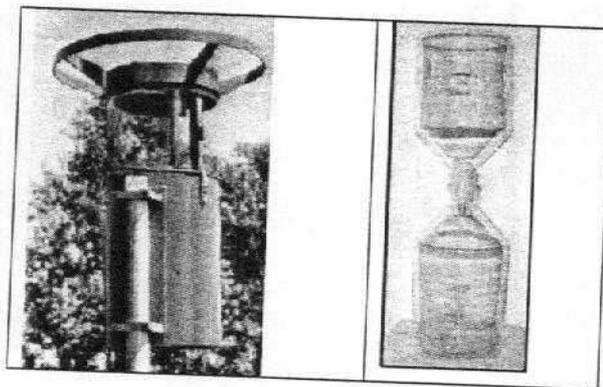
Le attività di monitoraggio della prescrizione 18 saranno cadenzate in relazione alle attività di scarico dalla nave al carbonile e/o di trasporto dal carbonile alla Centrale e sarà condotto un periodo di monitoraggio all'anno., sulla scorta del lavoro già effettuato nel 2012. Per il 2014 sarà effettuato 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.

Modifiche protocollo

A seguito dell'effettuazione delle campagne e dell'elaborazione dei dati dei monitoraggi degli anni 2014-2015-2016 relativi alle due prescrizioni AIA ENEL si attuano le seguenti modifiche al "Protocollo di attuazione delle prescrizioni 14 e 18 dell'AIA ENEL CTE della Spezia" così come definito nella riunione del 16/04/2014.

Prescrizione 14

1. Monitoraggio delle deposizioni (solo componente inorganica, come indicato nel protocollo) su tutto l'anno nel sito aggiuntivo di MELARA (stimate ulteriori 8 campagne mensili) individuato dal modello diffusionale (Prescrizione 15 AIA) come punto di massima ricaduta;
2. Riduzione dei siti di monitoraggio delle sole diossine: da 9 siti fissi + 1 a spot su Mezzo Mobile AP (tipicamente sito di Marina del Canaletto) a 5 fissi (Fossamastra, Maggiolina, Follo, Le Grazie, Melara);
3. Confermata la suddivisione su nr. 4 campagne da 1 mese, ma da realizzarsi 1 per ciascuna stagione al fine di garantire la rappresentatività stagionale prevista dalla vigente normativa (dlgs 155/2010).

Prescrizione 18

4. Monitoraggio delle deposizioni (solo componente inorganica, come indicato nel protocollo) su tutto l'anno nel sito di BYPASS (stimate ulteriori 9 campagne mensili);
5. Spostamento postazione di fondo da "DIFFUSORE" (sito poco rappresentativo delle pressioni per via della presenza di ostacoli significativi nelle immediate vicinanze) a "RAVANO" dove è già stata attivato nel 2015 il monitoraggio delle PTS, analogamente alle altre postazioni P18;
6. Eliminazione delle determinazioni analitiche con SEM sulle deposizioni in quanto non hanno prodotto risultati quantitativamente significativi;
7. Esecuzione di nr. 2 campagne zona Banchina ENEL (nr. 1 con scarico da nave e nr. 1 senza scarico da nave) con l'impiego di coppia di campionatori Vento Selettivi e determinazioni analitiche di metalli e specie ioniche sui filtri relativi al particolato con diametro aerodinamico < 10 um;
8. Attività di Source Apportionment di PM10 (con determinazione analitica su ciascun campione di metalli, specie ioniche, EC/OC) nel sito recettore di FOSSAMAISTRA da effettuarsi su circa 100 campioni omogeneamente distribuiti nel corso delle campagne.

6/12/2016

[Handwritten signature]

ARPAL
(COLONNA)

[Handwritten signature]

COMUNE SP
(CANNETI)

[Handwritten signature]

PROVINCIA SP
(BENVENUTO)

Allegato 2 *alla convenzione*

Attività svolte da ARPAL

Prescrizione 14

Dettaglio delle Attività ¹

1. Attività di campionamento in affiancamento a tecnici CESI su nr. 8 postazioni;
 2. Determinazione **gravimetrica** su filtri campionati con testa PM10 (almeno 15% dei campioni) dei nr 3 siti integrativi per verifica e validazione delle attività a carico CESI;
 3. Determinazione analitica di **metalli** (As, Pb, Ni, Cd, Mn, Cu, V, Cr, Hg, Fe, Al, Ti, Co, Se, Be) su campioni di PM10 dei nr 3 siti integrativi in coincidenza con le giornate in cui le stesse analisi sono previste sulle postazioni della rete di qualità dell'aria;
 4. Determinazione dei **metalli** sui campioni di deposizione **metalli** (As, Pb, Ni, Cd, Mn, Cu, V, Cr, Hg, Fe, Al, Ti, Co, Se, Be) per verifica e validazione della parte analitica a carico CESI (analisi ARPAL su circa il 30% dei campioni dato il numero ridotto degli stessi);
 5. Determinazione analitica di **IPA** (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, 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, coronene), **PCB** e **diossine** sui campioni di deposizione (nel dettaglio IPA su 8 postazioni e diossine su 5);
 6. Monitoraggio delle deposizioni (solo componente inorganica, come indicato nel protocollo) su tutto l'anno nel sito di MELARA (stimate 8 campagne mensili);
 7. Analisi dei risultati ed elaborazione di reportistica
-

Tali attività sono articolate:

- per l'anno 2018 su nr. 4 campagne, 1 per ciascuna stagione

¹ L'attività analitica si intende su tutti i campioni quando non diversamente precisato

Prescrizione 18

Dettaglio delle Attività ²

1. Attività di campionamento in affiancamento a tecnici CESI con impiego anche di un campionatore ARPAL;
2. Determinazione **gravimetrica** su filtri campionati con testa PTS (almeno 15% dei campioni) dei nr 5 siti integrativi per verifica e validazione delle attività a carico CESI;
3. Determinazione analitica dei **metalli** su campioni di PTS (As, Pb, Ni, Cd, Mn, Cu, V, Cr, Hg) dei nr 5 siti integrativi in coincidenza con le giornate in cui le stesse analisi sono previste sulle postazioni della rete di qualità dell'aria;
4. Determinazione dei metalli sui campioni di deposizione (As, Pb, Ni, Cd, Mn, Cu, V, Cr, Hg) per verifica e validazione della parte analitica a carico CESI (analisi ARPAL su circa il 30% dei campioni dato il numero ridotto degli stessi);
5. Qualitativa SEM per ricerca carbone sui campioni di deposizione;
6. Monitoraggio delle deposizioni (solo componente inorganica, come indicato nel protocollo) su tutto l'anno nel sito di BYPASS (stimate 9 campagne mensili).
7. nr. 2 campagne zona Banchina ENEL (nr. 1 con scarico da nave e nr. 1 senza scarico da nave) con l'impiego di coppia di campionatori Vento Selettivi e determinazioni analitiche di metalli e specie ioniche sui filtri relativi al particolato con diametro aerodinamico < 10 um
8. Attività di Source Apportionment di PM10 (con determinazione analitica su ciascun campione di metalli, specie ioniche, EC/OC) nel sito recettore di FOSSAMASTRA da effettuarsi su circa 100 campioni omogeneamente distribuiti nel corso delle 4 campagne
9. Analisi dei risultati ed elaborazione di reportistica.

Tali attività sono articolate:

- per l'anno 2018 su:
 - nr. 1 campagna invernale
 - nr. 1 campagne estiva

² L'attività analitica si intende su tutti i campioni quando non diversamente precisato

Allegato 2

Attività svolte da ARPAL

Prescrizione 14

Dettaglio delle Attività ¹

1. Attività di campionamento in affiancamento a tecnici CESI su nr. 8 postazioni;
2. Determinazione **gravimetrica** su filtri campionati con testa PM10 (almeno 15% dei campioni) dei nr 3 siti integrativi per verifica e validazione delle attività a carico CESI;
3. Determinazione analitica di **metalli** (As, Pb, Ni, Cd) su campioni di PM10 dei nr 3 siti integrativi in coincidenza con le giornate in cui le stesse analisi sono previste sulle postazioni della rete di qualità dell'aria;
4. Determinazione dei **metalli** sui campioni di deposizione **metalli** (As, Pb, Ni, Cd, Mn, Cu, V, Cr, Hg, Fe, Al, Ti, Co, Se, Be) per verifica e validazione della parte analitica a carico CESI (analisi ARPAL su circa il 30% dei campioni dato il numero ridotto degli stessi);
5. Determinazione analitica di **IPA** (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. 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, coronene), **PCB** e **diossine** sui campioni di deposizione (nel dettaglio IPA su 8 postazioni e diossine su 5);
6. Monitoraggio delle deposizioni (solo componente inorganica, come indicato nel protocollo) su tutto l'anno nel sito di MELARA (stimate 8 campagne mensili);
7. Analisi dei risultati ed elaborazione di reportistica

Tali attività sono articolate:

- per l'anno 2019 su nr. 4 campagne, 1 per ciascuna stagione

¹ L'attività analitica si intende su tutti i campioni quando non diversamente precisato

Prescrizione 18

Dettaglio delle Attività ²

1. Attività di campionamento in affiancamento a tecnici CESI con impiego anche di un campionatore ARPAL;
2. Determinazione **gravimetrica** su filtri campionati con testa PTS (almeno 15% dei campioni) dei nr 5 siti integrativi per verifica e validazione delle attività a carico CESI;
3. Determinazione analitica dei **metalli** su campioni di PTS (As, Pb, Ni, Cd) dei nr 5 siti integrativi in coincidenza con le giornate in cui le stesse analisi sono previste sulle postazioni della rete di qualità dell'aria;
4. Determinazione dei metalli sui campioni di deposizione (As, Pb, Ni, Cd, Mn, Cu, V, Cr, Hg) per verifica e validazione della parte analitica a carico CESI (analisi ARPAL su circa il 30% dei campioni dato il numero ridotto degli stessi);
5. Qualitativa SEM per ricerca carbone sui campioni di deposizione;
6. Monitoraggio delle deposizioni (solo componente inorganica, come indicato nel protocollo) su tutto l'anno nel sito di BYPASS (stimate 9 campagne mensili).
7. Attività di Source Apportionment di PM10 (con determinazione analitica su ciascun campione di metalli, specie ioniche, EC/OC) nel sito recettore di FOSSAMASTRA e di fondo non perturbato Parco della Maggiolina da effettuarsi su circa 150 campioni omogeneamente distribuiti nel corso delle 2 campagne.
8. Analisi dei risultati ed elaborazione di reportistica.

Tali attività sono articolate:

- per l'anno 2019 su:
 - nr. 1 campagna invernale
 - nr. 1 campagne estiva

² L'attività analitica si intende su tutti i campioni quando non diversamente precisato