

Preg.mi

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

**OGGETTO: Soc. ENEL Produzione S.p.A. – CTE della Spezia – Report campagne 2018 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 18 - anno 2018**” effettuato in collaborazione con CESI, prescritto al par. 10.3.1 punto 18) 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](mailto:arpal@pec.arpal.gov.it)  
C.F. e P.IVA 01305930107



## Centrale Termoelettrica della Spezia

### Attuazione della Prescrizione 18

paragrafo 10.3.1 dell'AIA n.244 del 06/09/2013



Gennaio 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

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>LA PRESCRIZIONE 18.....</b>	<b>6</b>
2.1	Attuazione della Prescrizione 18 .....	6
2.2	Numero e durata delle “campagne periodiche” .....	7
2.2.1	Eventi accidentali durante il monitoraggio del 2018 .....	9
2.3	Individuazione delle postazioni di monitoraggio .....	9
2.4	Tipi di deposimetri utilizzati.....	11
2.5	Parametri chimici, metodi e validazione dei dati .....	11
2.5.1	Suddivisione delle attività analitiche .....	14
2.5.2	Analisi integrative rispetto alla prescrizione AIA.....	14
2.5.3	Validazione dei risultati .....	14
2.5.4	Rilevazione dei dati di traffico.....	14
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO METEOROLOGICO.....</b>	<b>15</b>
3.1	Caratteristiche meteorologiche generali del periodo relativo alle campagne di monitoraggio previste dalla Prescrizione 18 .....	15
3.2	Andamento della temperatura e dell'umidità .....	17
3.3	Anemometria .....	20
3.4	Precipitazioni .....	24
3.5	Caratteristiche meteo generali delle campagne integrative effettuate a Bypass. ....	26
3.1.1	La situazione meteo nel corso della campagna P18 17/I (13/12/2017 ÷ 18/01/2018) .....	27
3.1.2	La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/A (22/02/2018 ÷ 29/03/2018) .....	28
3.1.3	La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/B (30/03/2018 ÷ 27/04/2018) .....	29
3.1.4	La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/C (27/04/2018 ÷ 30/05/2018) .....	30
3.1.5	La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/D (30/05/2018 ÷ 28/06/2018) .....	32
3.1.6	La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/E (01/08/2018 ÷ 03/09/2018) .....	32
3.1.7	La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/F (03/09/2018 ÷ 11/10/2018) .....	34
3.1.8	La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/G (11/10/2018 ÷ 06/11/2018) .....	34
3.1.9	La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/H (06/11/2018 ÷ 17/12/2018) .....	36
<b>4</b>	<b>MOVIMENTAZIONE CARBONE E OPERATIVITÀ DELLA CENTRALE ENEL .....</b>	<b>37</b>
4.1	Scarico navi .....	37
4.2	Giacenze carbone .....	38
4.3	Movimentazione carbone .....	40
4.4	Operatività della centrale.....	43
<b>5</b>	<b>RISULTATI DELLE CARATTERIZZAZIONI DELLE DEPOSIZIONI .....</b>	<b>50</b>
5.1	Ratei polveri sedimentabili e entità precipitazioni.....	50
5.1.1	Valutazione della entità della polverosità .....	51
5.2	Metalli nelle deposizioni di polveri .....	52
5.2.1	Ratei di deposizione dei metalli .....	52
5.2.2	Concentrazioni dei metalli nelle polveri depositate .....	59
5.3	Contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC) .....	61
5.4	Caratterizzazione mediante SEM delle particelle depositate .....	64
5.5	Analisi dati rilevati dalla postazione fissa BYPASS annuale .....	64
5.5.1	Rateo di deposizione di polveri.....	64
5.5.2	Contenuto di metalli.....	67
5.5.3	Caratterizzazione mediante SEM .....	69

<b>6</b>	<b>ANDAMENTO E CARATTERIZZAZIONE DELLE POLVERI AERODISPERSE .....</b>	<b>70</b>
6.1	Monitoraggio Polveri Totali Sospese .....	70
6.1.1	Contenuto di metalli nelle PTS .....	74
6.2	Analisi dei periodi di sottovento alle sorgenti di polverosità .....	78
6.3	Campionamento di polveri aero disperse mediante WIND SELECT .....	86
6.3.1	Campionamento vento-selettivo area movimentazione carbone .....	87
6.3.2	Le campagne di misura .....	89
6.3.3	Conclusioni attività di monitoraggio con campionatore vento selettivo .....	101
6.4	Il monitoraggio del traffico .....	102
<b>7</b>	<b>SINTESI DEI RISULTATI DEL MONITORAGGIO FINO AL 2018.....</b>	<b>103</b>
7.1	Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili .....	104
7.1.1	Deposizioni di metalli contenuti nelle polveri sedimentabili.....	108
7.1.2	Concentrazione di metalli nelle deposizioni di polveri sedimentabili.....	111
7.2	Indagini mediante SEM e carbonio organico (OC) ed elementare (EC) nelle deposizioni .....	113
7.3	Andamento e caratterizzazione delle polveri totali sospese (PTS) .....	117
7.3.1	Contenuto di metalli nelle polveri totali sospese (PTS) .....	119
<b>8</b>	<b>SINTESI E CONCLUSIONI .....</b>	<b>121</b>
8.1	Sintesi monitoraggio 2018 .....	121
8.2	Sintesi e conclusioni del periodo 2014 ÷ 2018 .....	125
<b>9</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....</b>	<b>127</b>

## ***ELENCO APPENDICI***

***APPENDICE 1*** - Rose dei venti durante i periodi di monitoraggio.

***APPENDICE 2*** - Precipitazioni durante i periodi di monitoraggio.

***APPENDICE 3*** - Modalità operativa utilizzata per le indagini al SEM.

***APPENDICE 4*** - Concentrazione delle PTS nelle postazioni di Banchina, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano.

***APPENDICE 5*** - Valutazione delle ore sottovento alle sorgenti per differenti velocità di vento.

***APPENDICE 6*** - Valutazione della entità del traffico in zona Fossamastra e Darsena.

***APPENDICE 7*** - Descrizione delle postazioni.

## ***ELENCO ALLEGATI***

***ALLEGATO 1*** - Validazione dei dati di metalli nei deposimetri.

***ALLEGATO 2*** - Validazione dei dati di PTS.

## 1 PREMESSA

La Centrale ENEL Eugenio Montale della Spezia ha ricevuto l'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) per il suo esercizio con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 06/09/2013 (prot. 0000244). Nel parere della Commissione Istruttoria IPPC parte integrante della AIA, nel paragrafo 10 sono contenute una serie di prescrizioni. In particolare, la prescrizione 18 del parere della Commissione Istruttoria IPPC 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 una 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”.*

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 18 condiviso con il Gestore (società ENEL Produzione S.p.A., Centrale della Spezia) e CESI (verbale del 16/04/2014 numero protocollo del comune della Spezia 8982 del 27/05/2014).

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

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

## 2 LA PRESCRIZIONE 18

Per l'attuazione della prescrizione 18, 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 18

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, PM2,5** raccolgono le particelle sospese in aria con un sistema attivo di selezione di taglio granulometrico. Tali particelle sono costituite da una miscela complessa, multifase, di tutti i solidi aero dispersi e delle particelle liquide a bassa tensione di vapore e hanno dimensioni tali da restare in sospensione per un tempo più elevato delle particelle sedimentabile raccolte con i deposimetri.

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

uguale a 10  $\mu\text{m}$ ; i campionatori PM<sub>2,5</sub> quelle aventi un diametro aereodinamico minore o uguale a 2,5  $\mu\text{m}$ .

Nel protocollo attuativo della **prescrizione 18**, che riguarda il monitoraggio di un'area limitata legata ai possibili impatti delle attività di movimentazione del carbone dallo scarico nave all'ingresso in centrale ENEL, oltre alla valutazione delle polveri sedimentabili, effettuata tramite deposimetri, si è inserita la speciazione chimica delle deposizioni e si è definito 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  $\mu\text{m}$  e quindi non sarebbero rilevabili con campionatori PM<sub>10</sub>.

Ad integrazione di quanto sopraddetto, si segnala che il protocollo attuativo della **prescrizione 14**, che riguarda invece 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 deposizioni<sup>1</sup> e di integrarla con campionamento ed analisi del PM<sub>10</sub> per valutare la distribuzione degli inquinanti anche sulle particelle più pericolose in quanto raggiungono le prime vie aeree dell'uomo.

I dettagli applicativi del protocollo attuativo della **prescrizione 18** sono descritti nei paragrafi seguenti. Come nell'anno precedente anche nel 2018:

- è stato mantenuto il monitoraggio continuativo istituito a partire dal 2016 presso la postazione divenuta permanente di **Bypass** (vedi cap. 5), zona sottovento allo scarico del carbone ENEL;
- sono stati effettuati approfondimenti con l'impiego di campionatori vento selettivi;
- sono stati eseguiti approfondimenti sulla attribuzione dei contributi delle varie sorgenti utilizzando i campioni di PM<sub>10</sub>, prelevati presso postazioni dell'RQA, opportunamente scelti in modo da avere un numero sufficiente di dati di input per l'elaborazione modellistica mediante Modello al Recettore (software PMF5-EPA). Sono stati utilizzati due set di campioni giornalieri sequenziali rappresentativi della stagione invernale ed estiva per un totale di circa 100 campioni per postazione.

I risultati di quest'ultima attività saranno oggetto di pubblicazione dedicata.

## 2.2 Numero e durata delle “campagne periodiche”

Il Protocollo prevede l'attuazione di “*periodiche campagne di monitoraggio*”. In analogia con l'attuazione della prescrizione 14 contenuta nella citata AIA, la periodicità è stata stabilita in due periodi di rilevazione stagionali, uno dalle caratteristiche presumibilmente estive e l'altro invernali, al fine di includere i due periodi significativamente diversi dal punto di vista meteorologico. I periodi di dettaglio

<sup>1</sup> 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.

vengono poi scelti in modo da comprendere il maggior numero possibile di giornate di operatività del Terminal di movimentazione del carbone, sulla base della programmazione resa disponibile da ENEL della Spezia.

Nel **2018** sono state condotte le **due** campagne previste dal protocollo: una **invernale** (dai primi di gennaio ai primi di febbraio) ed una **estiva** (da fine giugno ai primi di agosto), entrambe con movimentazione di carbone e con la centrale in funzione.

Nel prospetto che segue sono elencati i periodi di monitoraggio effettuati nel corso del 2018 includendo anche quelli della prescrizione 14:

Prescrizione 18			Prescrizione 14		
Data	Codifica	Note	Data	Codifica	Note
18/01 - 22/02/18	P18 18/1	Campagna invernale	18/01 - 22/02/18	P14 18/1	Campagna invernale
			30/03 - 27/04/18	P14 18/2	Campagna primaverile
28/06 - 01/08/18	P18 18/2	Campagna estiva	28/06 - 01/08/18	P14 18/3	Campagna estiva
			11/10 - 06/11/18	P14 18/4	Campagna autunnale

**Tabella 1 - Campagne di misura della Prescrizione 14 e 18 del 2018.**

Nel corso dell'anno 2018 è stato inserito il monitoraggio delle deposizioni totali nella postazione di Bypass, con campagne mensili per avere la copertura di tutto l'anno. La postazione è stata implementata in quanto la zona risulta sottovento allo scarico del carbone ENEL. Nel prospetto che segue sono riassunti i periodi delle campagne integrative a Bypass.

Prescrizione 18	
Data	Codifica
13/12/17 - 18/01/18	BY_I_P18 17
22/02/18 - 29/03/18	BY_A_P18 18
30/03/18 - 27/04/18	BY_B_P18 18
27/04/18 - 30/05/18	BY_C_P18 18
30/05/18 - 28/06/18	BY_D_P18 18
01/08/18 - 03/09/18	BY_E_P18 18
03/09/18 - 11/10/18	BY_F_P18 18
11/10/18 - 06/11/18	BY_G_P18 18
06/11/18 - 17/12/18	BY_H_P18 18

**Tabella 2- Campagne di misura integrative della prescrizione 18.**

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

**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

### **2.2.1 Eventi accidentali durante il monitoraggio del 2018**

Nel corso delle campagne di monitoraggio del 2018 si sono avuti alcuni eventi accidentali descritti di seguito:

- durante la campagna integrativa **P18 18/A** di **Bypass**, a partire dal giorno **25/02/2018** si sono verificati una serie di eventi nevosi caratterizzati da intenso freddo e culminati il giorno **01/03/2018** in una nevicata abbondante;
- durante la campagna **P18 18/B** di **Bypass** si è avuta una forte avvezione sahariana nei giorni **14-15/04/2018**;
- durante la campagna **P18 18/G** di **Bypass** 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;
- durante la campagna **P18 18/G** di **Bypass** nei giorni **28-29/10/2018** si è assistito ad un evento meteo di portata storica caratterizzato da un intensissimo richiamo umido sciroccale dal nord Africa (con 4 giorni consecutivi di vento con raffiche di burrasca forte e picchi massimi di vento di tempesta da Scirocco) con mareggiate intense e significativa deposizione di sabbia sahariana.

### **2.3 Individuazione delle postazioni di monitoraggio**

La scelta delle postazioni effettuata nel 2018 ha preso in considerazione le loro caratteristiche tecniche e logistiche, tenendo presente anche le condizioni meteorologiche ed anemometriche dei siti di campionamento al fine di determinare il contributo del polverino proveniente dalle situazioni di scarico, movimentazione e stoccaggio del carbone. Le postazioni utilizzate nelle campagne 2018 sono riportate in Tabella 3.

Si evidenzia che a seguito dei risultati del 2014-2015 è stata inserita a partire dall'anno 2016 una ulteriore postazione di misura PTS nell'area del terminal Ravano in posizione idonea alla valutazione della pressione portuale e non influenzata da scarico ENEL.

Nella tabella sono riportate le strumentazioni utilizzate durante le campagne:

Postazione	Significatività per le deposizioni	Tipi di deposimetri	Strumentazione meteo <sup>2</sup>	Strumentazione qualità aria
Banchina ENEL	Scarico del carbone da navi	bulk per inorganici	-	PTS <sup>1</sup> Skypost (CESI)
Bypass	Scarico del carbone da navi e emissioni diffuse movimentazione carbone	bulk per inorganici	-	PTS Skypost (ARPAL)
Torre T4	Trasporto del carbone dalla banchina al carbonile e emissioni di polveri dal carbonile	bulk per inorganici	-	PTS Skypost (CESI)
Torre T7	Trasporto del carbone dalla banchina al carbonile e emissioni di polveri dal carbonile	bulk per inorganici	VV e DV	PTS Skypost (CESI)
Ravano	Emissioni diffuse da attività portuali e da traffico pesante	-	-	PTS Skypost (CESI)

**Tabella 3 - Postazioni di misura della prescrizione 18.**

<sup>1</sup>PTS: Polveri totali sospese

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



**Figura 1 - Ubicazione delle postazioni di prelievo.**

In Appendice 7 sono riportate le schede anagrafiche delle postazioni utilizzate.

<sup>2</sup> VV e DV = Velocità e Direzione del Vento a 4 m.

## 2.4 Tipi di deposimetri utilizzati

Ciascuna delle postazioni è stata dotata di un deposimetro “bulk” di tipo “bottle + funnel” che raccoglie indistintamente la frazione umida e secca delle deposizioni atmosferiche (deposizione atmosferica integrale) e di un campionatore di polveri a medio volume, operanti in parallelo, con testata selettiva per raccogliere le polveri totali sospese (PTS). Il deposimetro utilizzato è costituito da imbuto e bottiglia di raccolta in materiale plastico, per la raccolta delle deposizioni destinate alla determinazione di specie metalliche. Il campionatore di polveri totali sospese (PTS) è costituito da un sistema di aspirazione a flusso costante, operante in modo sequenziale con autonomia di 15 membrane filtranti. Le caratteristiche dei campionatori sono in accordo con quelle previste dai seguenti metodi:

- Deposimetro: UNI EN 15841:2009 “Ambient air quality - Standard method for determination of arsenic, cadmium, lead and nickel in atmospheric deposition”;
- Campionatore di PTS: in accordo con il metodo UNI EN 12341:2001, ma con testa di prelievo per PTS.

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 è visibile la configurazione dei campionatori in una delle postazioni di monitoraggio prescelte (Banchina ENEL):



Figura 2 – Configurazione dei campionatori in una delle postazioni di monitoraggio.

## 2.5 Parametri chimici, metodi e validazione dei dati

Nelle deposizioni atmosferiche raccolte, si è proceduto 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;

**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

- sul materiale raccolto su filtri, si è effettuato:
  - o determinazione dei seguenti elementi metallici: As, Cd, Cr tot, Hg, Ni, Pb, Cu, Mn, Tl, V;
  - o analisi integrativa del contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC) (v. par. 2.5.2). La somma dei due ha fornito il carbonio totale (TC);
  - o indagini in microscopia a scansione elettronica (SEM) per la valutazione delle particelle di carbone.

Per quanto riguarda i metalli determinati nelle deposizioni, 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  $\mu\text{g}$ , sono riportati nel prospetto che segue:

Parametro	u.d.m.	Limite di Quantificazione
As	$\mu\text{g}$	0,02
Cd	$\mu\text{g}$	0,01
Cr	$\mu\text{g}$	0,2
Cu	$\mu\text{g}$	0,08
Hg	$\mu\text{g}$	0,01
Mn	$\mu\text{g}$	0,02
Ni	$\mu\text{g}$	0,02
Pb	$\mu\text{g}$	0,02
Tl	$\mu\text{g}$	0,01
V	$\mu\text{g}$	0,04

**Tabella 4 – Limiti di quantificazione per i metalli. Valori in  $\mu\text{g}$ .**

Per la determinazione di OC ed EC, si è impiegato il metodo termo-ottico NIOSH 5040:1999 (si veda il par. 5.3 per una descrizione del metodo) con i limiti di rilevabilità seguenti:

Parametro	u.m.	Carbonio
Carbonio Organico (OC)	[ $\mu\text{g}$ su filtro diametro 47 mm]	1,3
Carbonio Elementare (EC)	[ $\mu\text{g}$ su filtro diametro 47 mm]	1,3

**Tabella 5 – Limiti di quantificazione per OC e EC. Valori in  $\mu\text{g}$  totali su filtro.**

I valori assoluti in  $\mu\text{g}$  dei metalli e di OC e EC 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).

Sui campioni di PTS su filtro, oltre alla misura gravimetrica, è stata eseguita l'analisi dei metalli: Cadmio (Cd), Cromo totale (Cr tot), Manganese (Mn), Piombo (Pb), Nickel (Ni) e Vanadio (V) nelle stesse giornate in cui tali analisi vengono effettuate di routine anche sulle postazioni della RQA (Amendola, Parco della Maggiolina, Fossamastra).

Nel Protocollo analitico erano previste alcune determinazioni che si sono rilevate non realizzabili e pertanto sono state sostituite come di seguito riportato.

Per l'analisi dei campioni di PTS al SEM lo studio di fattibilità ha evidenziato che il metodo di campionamento non è adattabile alla determinazione analitica (v. Rapporto P18 2016<sup>3</sup>) e pertanto in sostituzione sono state effettuate una serie di campagne con l'impiego di campionatori vento-selettivi.

Le determinazioni di carbonio elementare (EC) e organico (OC) previste sui campioni di PTS sono state invece eseguite su campioni di PM10 prelevati per periodi prolungati (serie di dati di almeno 50 giornate consecutive in differenti stagioni) in singole stazioni della RQA, che comprendono anche la postazione di Fossamastra, che, come noto è limitrofa all'area della Banchina Enel. Con questa metodologia sarà possibile realizzare elaborazioni statistiche per l'identificazione delle sorgenti e la quantificazione del loro contributo (Source Apportionment); i risultati analitici e le elaborazioni modellistiche saranno oggetto di un unico report in fase di redazione che comprenderà anche i dati rilevati nel 2017 in modo da avere una base dati sufficientemente popolata e statisticamente significativa.

---

<sup>3</sup> "Report monitoraggio prescrizione 18 - anno 2016", Prot. ARPAL n. 22476 del 24/08/2018

**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

### **2.5.1 Suddivisione delle attività analitiche**

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 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 dei metalli: effettuate da CESI con validazione dei risultati da parte del laboratorio ARPAL;
- microscopia a scansione elettronica: ARPAL con procedura concordata con CESI.

### **2.5.2 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 le deposizioni e il PTS.

Al fine di avere un quadro più completo sul particolato, nelle postazioni sono stati installati campionatori integrativi di PTS; oltre alle determinazioni gravimetriche (si veda **Capitolo 6**), sono stati determinati da ARPAL 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, utilizzando il metodo UNI EN ISO 17294-2:2005.

Sulle stesse postazioni sono stati determinati su un numero selezionato di campioni di PTS, i parametri EC (Elemental Carbon), OC (Organic Carbon) in accordo col protocollo NIOSH 5040:2003, per la valutazione preliminare dell'incidenza di eventuali altre sorgenti che insistono sul territorio in esame.

Le deposizioni della postazione fissa di **Bypass**, raccolte nei periodi non previsti dalle campagne del protocollo di attuazione della Prescrizione 18, sono state caratterizzate da ARPAL relativamente alla composizione dei metalli.

### **2.5.3 Validazione dei risultati**

Nell'Allegato 1 sono elencati i campioni di deposizione su cui ARPAL o CESI hanno eseguito le validazioni dei metalli.

Relativamente alle determinazioni dei metalli sulle deposizioni sono stati validati 6 campioni sui 13 totali eseguendo la determinazione analitica di tutti e 9 i metalli determinati. L'indice di validazione conclusivo è risultato pari a 98%, maggiore del valore soglia prefissato dal protocollo ARPAL, pari al 70%.

Relativamente alle determinazioni gravimetriche del PTS le validazioni sono riportate nell'Allegato 2.

### **2.5.4 Rilevazione dei dati di traffico**

Durante le due campagne del 2018 sono stati acquisiti i dati di traffico, posizionando tre rilevatori, di cui due lungo V.le San Bartolomeo, in prossimità del sito di Bypass ed un altro lungo via delle Casermette, in prossimità della fermata 'Nuova Darsena'.

In Appendice 6 sono riportati i valori relativi al **traffico** nelle due campagne del 2018.

### 3 INQUADRAMENTO METEOROLOGICO

Come riferimento, per le condizioni meteorologiche durante il periodo delle campagne sono stati utilizzati i dati forniti dalle postazioni meteorologiche del Golfo della Spezia ritenute più affidabili e rappresentative. I dati delle postazioni di riferimento sono stati confrontati e/o integrati con quelli della strumentazione meteorologia installata presso la postazione di monitoraggio nell'area tra la Torre T7 e la Centrale ENEL.

La lista delle postazioni utilizzate per l'inquadramento meteorologico è riassunta nella tabella che segue, con indicazione della strumentazione installata.

Postazione	Tipologia	Quota slm (m)	Parametri meteo misurati <sup>4</sup>
Comune della Spezia <sup>5</sup>	Stazione fissa	40	VV, DV 6 m, TA, UR, PA, RG
Monte Beverone	Stazione fissa	220	VV e DV 15 m, TA, UR, RG
Area tra Torre T4 e Centrale	Integrazione strumentazione CESI	5	VV e DV 4m
Area tra Torre T7 e Centrale	Integrazione strumentazione CESI	5	VV e DV 4m

**Tabella 6 – Postazioni meteorologiche utilizzate.**

#### 3.1 Caratteristiche meteorologiche generali del periodo relativo alle campagne di monitoraggio previste dalla Prescrizione 18

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 invernale P18 18/1** (18/01/2018 ÷ 22/02/2018) vede una prima fase caratterizzata dal passaggio di veloci fronti da nord – ovest associati ad una discreta ventilazione. Si registra anche un episodio di föhn attorno al il 21/01 con giornate insolitamente miti per il periodo invernale anche in Riviera; a seguire si assiste ad una rimonta anticiclonica tra il 22-26 del mese con qualche modesto passaggio intorno al 01/02 allorché si ha una ripresa delle precipitazioni.

Il periodo compreso tra il 5 e 18 febbraio vede il passaggio di strutture depressionarie che si sono approfondite sull'area mediterranea: ciò comporta un'intensificazione delle precipitazioni che hanno interessato lo spezzino (con quantitativi localmente significativi in alcune giornate) più modesti verso il 5, 6 e 8 febbraio e, successivamente il 12 ed il 18 (20 e 30 mm/24 h). Si segnala, inoltre, una significativa meridionalizzazione dei flussi a causa dell'approfondirsi di una configurazione depressionaria sull'area mediterranea che ha comportato l'apporto di sabbia africana intorno all'8 febbraio.

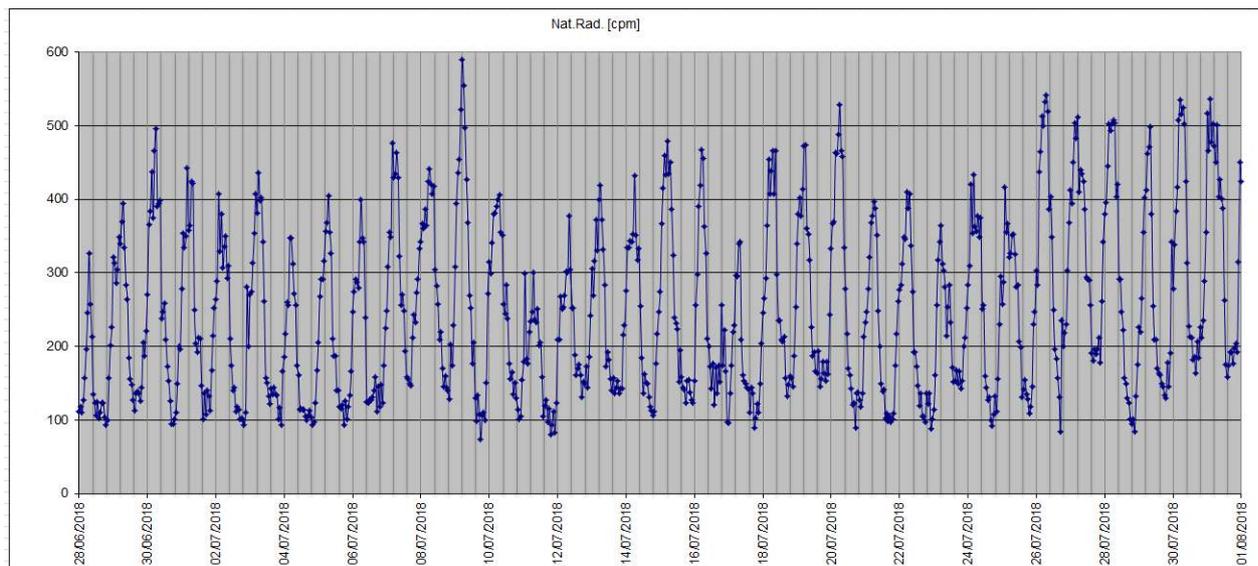
<sup>4</sup> VV, DV x m=Velocità e Direzione Vento a x m dal piano di installazione; TA=Temperatura Aria; UR=Umidità Aria; PA=Pressione Atmosferica; PR= Precipitazioni; RG=Radiazione Globale.

<sup>5</sup> Causa rottura a seguito di fulminazione in data 31/01 i dati del sensore vento non sono stati disponibili fino al 07/03 e dunque nel corso della campagna P18 15/1 sono stati utilizzati per questo parametro i soli dati dell'anemometro di Autorità Portuale posizionato sulla copertura della sede della Capitaneria di Porto.

Nella **campagna estiva P18 18/2** (28/06/2018 - 01/08/2018) si registra tempo stabile e caldo alternato a infiltrazioni da nord, Nord-Ovest che hanno accentuato gli episodi convettivi sulle zone montuose del nord Italia (in particolare alpine ma più localmente anche in appennino), legati a rovesci e temporali anche forti; questi episodi hanno interessato a tratti la Liguria con precipitazioni localmente intense e grandinate con qualche danno in particolare verso il 15 e attorno al 20-21 luglio; proprio quest'ultimo peggioramento in Liguria ha visto intensi temporali e grandinate che hanno provocato danni all'agricoltura nell'entroterra dello spezzino con piogge che si sono spinte in costa a Spezia il 22 luglio (con quantitativi scarsi di 2 mm/24h) e successivamente verso il 28/07 con una decina di mm.

Si evidenziano inoltre venti moderati sui 10 km/h in media con raffiche superiori, legati a prevalenti regimi di brezza, mentre in occorrenza di condizioni d'instabilità sul centro levante si evidenzia un vento medio sullo spezzino di 16 km/h (intensità forte) il giorno 11/07.

Nel grafico che segue sono rappresentati i valori 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, ad esempio, portato alla quasi totale scomparsa del ciclo giorno/notte, in modo particolare nelle principali fasi di tempo relativamente perturbato.



### 3.2 Andamento della temperatura e dell'umidità

Di seguito sono riportati gli andamenti nei due periodi di monitoraggio di temperatura e umidità misurati presso le postazioni della rete meteo ARPAL e presso Torre T7 e Torre T4:

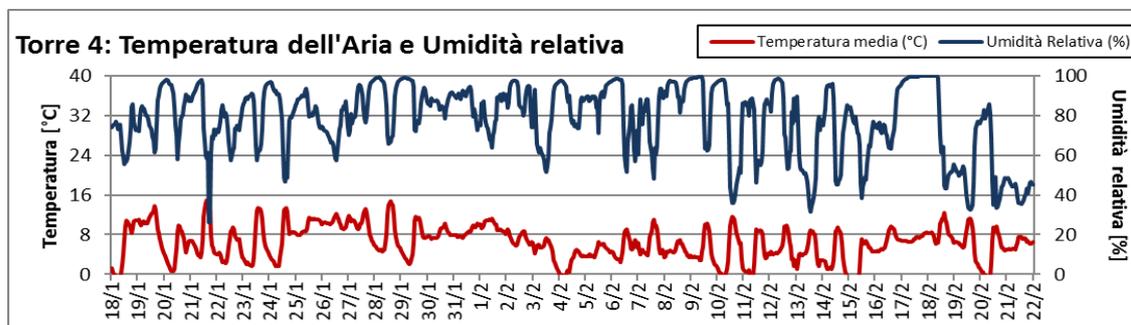


Figura 2 - Torre T4: temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 18/1.

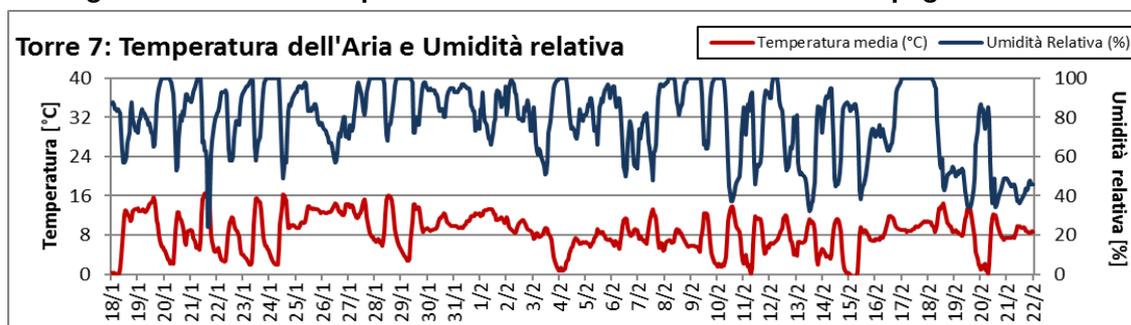


Figura 3 - Torre T7: temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 18/1.

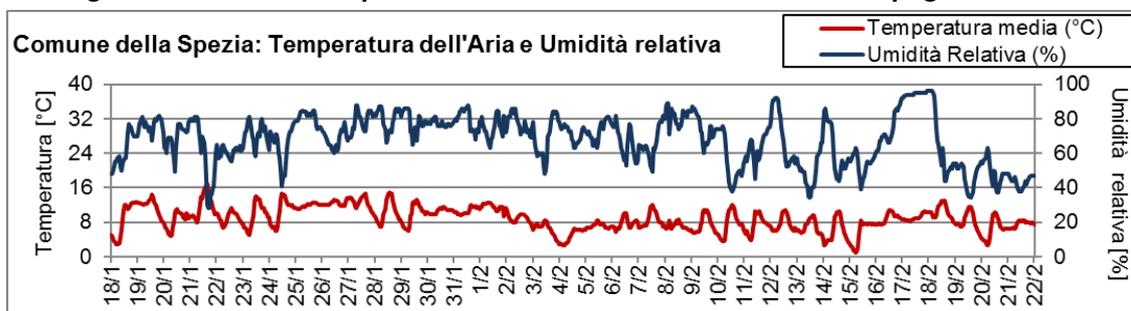
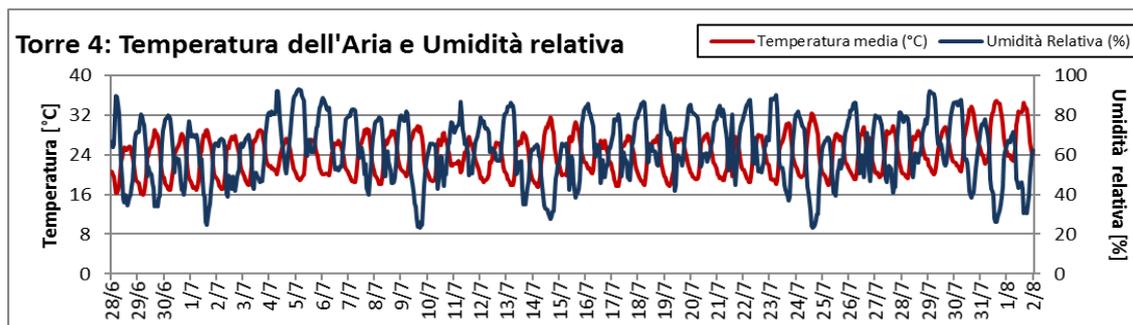


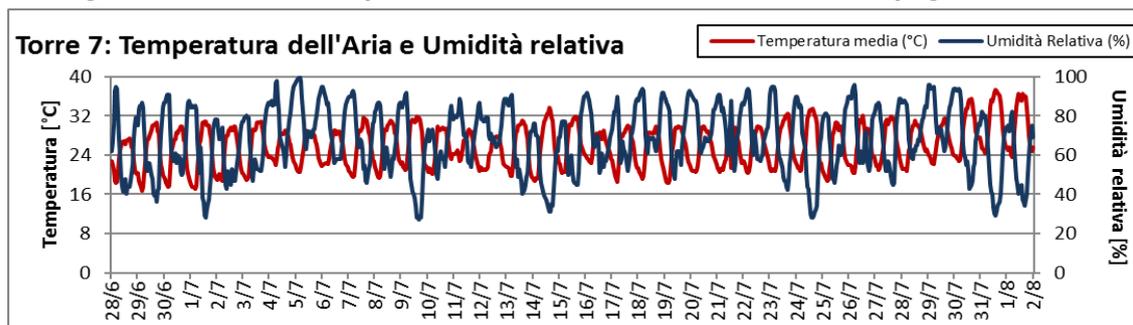
Figura 4 - Comune della Spezia: temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 18/1.



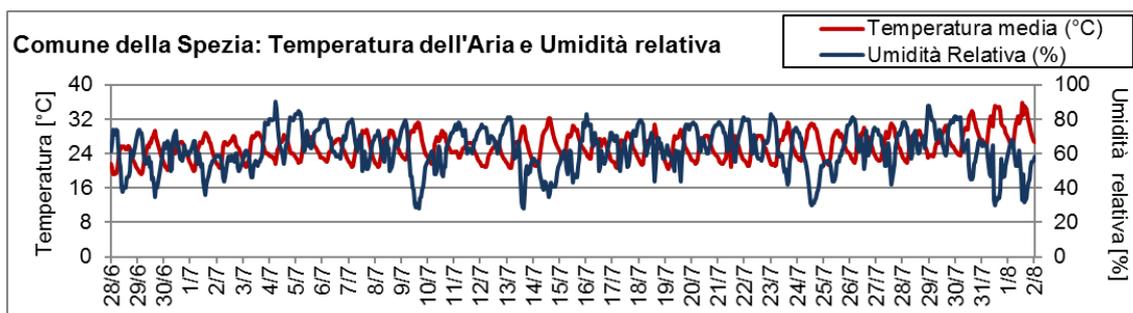
Figura 5 - Monte Beverone: temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 18/1.



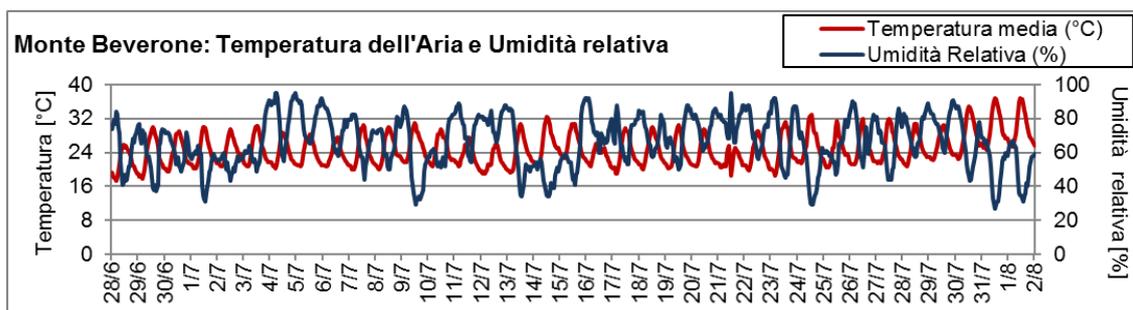
**Figura 5 – Torre T4: temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 18/2.**



**Figura 6 - Torre T7: temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 18/2.**



**Figura 7 – Comune della Spezia: temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 18/2.**



**Figura 8 – Monte Beverone: temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 18/2.**

La tabella seguente riassume alcuni indici statistici di temperatura e umidità presso le postazioni della Torre T4, Torre T7, Comune della Spezia e Monte Beverone:

Temperatura (°C)	Torre T4		Torre T7		Comune della Spezia		Monte Beverone	
	P18 18/1	P18 18/2	P18 18/1	P18 18/2	P18 18/1	P18 18/2	P18 18/1	P18 18/2
Media	6	24	8	26	9	26	8	25
Minimo	-2	16	-1	17	1	19	1	17
Massimo	15	35	17	37	17	36	16	37
Mediana	6	24	9	26	9	26	8	24

Umidità Relativa (%)	Torre T4		Torre T7		Comune della Spezia		Monte Beverone	
	P18 18/1	P18 18/2	P18 18/1	P18 18/2	P18 18/1	P18 18/2	P18 18/1	P18 18/2
Media	77	63	78	68	67	62	66	66
Minimo	26	23	24	27	28	28	27	27
Massimo	100	93	100	100	96	90	100	95
Mediana	82	64	83	69	71	63	76	66

**Tabella 7– Sintesi dei principali parametri meteorologici registrati nelle postazioni di misura.**

### 3.3 Anemometria

Di seguito, sono riportate le rose dei venti nell'area della Spezia per le postazioni di Comune della Spezia, Monte Beverone, Torre T4 e Torre T7. In Appendice 1 sono riportate le rose dei venti e una tabella con le frequenze e le velocità medie scalari dei venti per ogni direzione:



Figura 9 – Rose dei venti della campagna P18 18/1

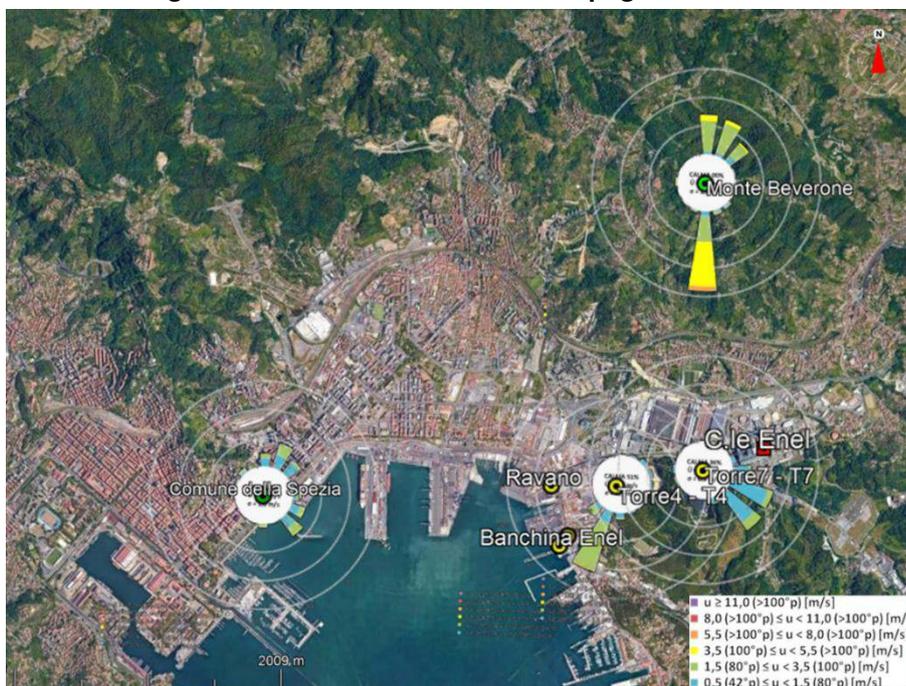


Figura 10 – Rose dei venti della campagna P18 18/2

Dall'analisi delle rose dei venti sono evidenti significative differenze tra le due stagioni: nella campagna invernale, in generale, le intensità in gioco si sono rilevate più elevate e allo stesso tempo più marcate le componenti settentrionali mentre durante la stagione estiva, le brezze sono risultate dominanti: questo è ben evidente in Appendice 1 dove sono presentate le rose dei venti per le varie postazioni, nelle diverse campagne e differenziate tra giorno e notte.

Dall'analisi delle elaborazioni grafiche riportate nelle due pagine seguenti si nota in primo luogo che in assenza di tempo perturbato è ben evidente la periodicità giornaliera con cui l'intensità del vento si ripropone, con valori fino ai 2-3 m/s per le postazioni presso i due carbonili, e oltre i 4 m/s presso gli altri due siti.

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 massimi sistematicamente oltre i 4 m/s in estate (nelle due postazioni di riferimento ARPAL) quando le termiche sono più intense ed anche in questo caso con intensità lievemente superiori nella postazione del Comune.

Vi sono poi alcune peculiarità in parte già evidenziate nel corso delle precedenti campagne: la postazione Torre T7, vede componenti prevalentemente orientali in ogni periodo, confermando come in questo sito siano preponderanti gli effetti locali e dunque i dati ivi rilevati abbiano una valenza estremamente puntuale.

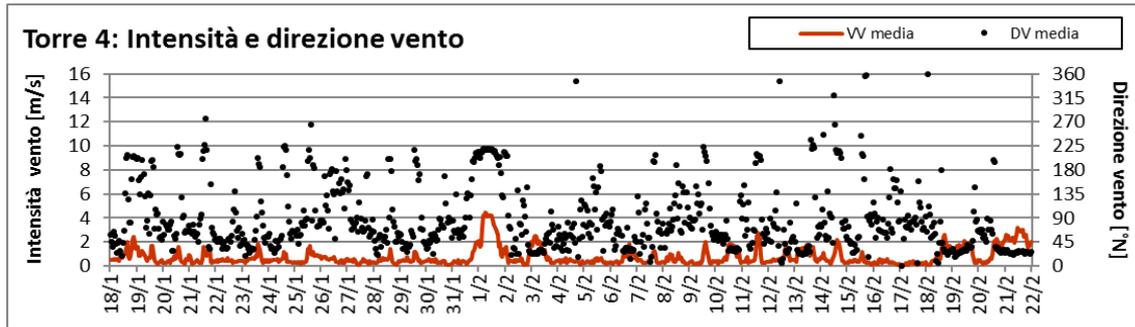


Figura 11– Torre T4: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 18/1.

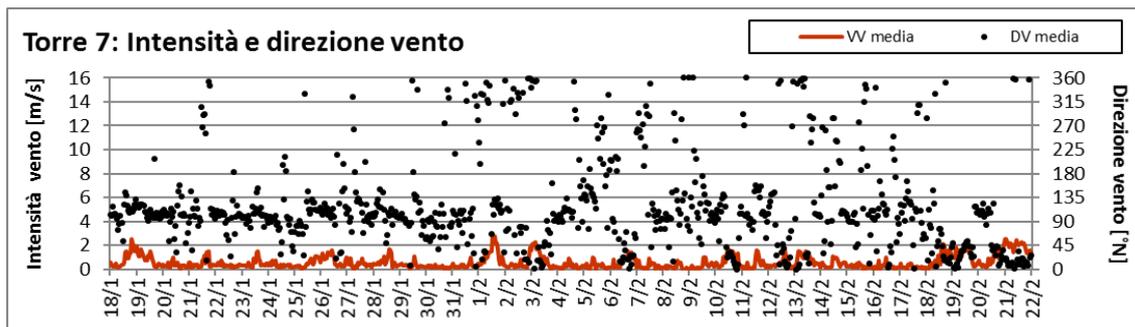


Figura 12– Torre T7: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 18/1.

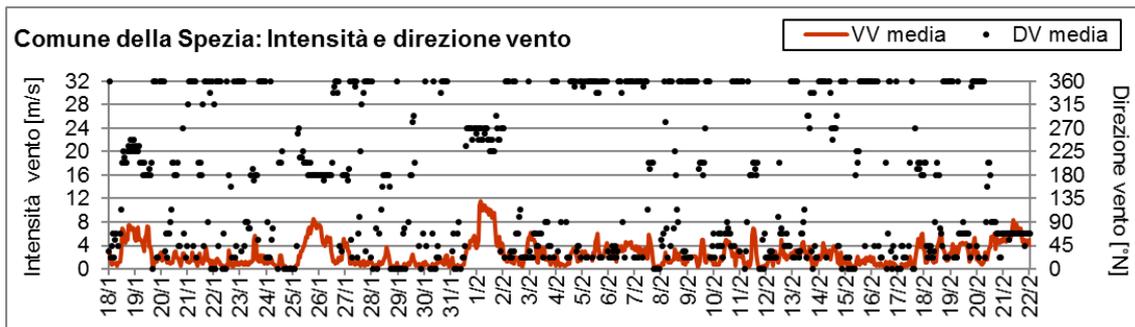


Figura 13– Comune: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 18/1.

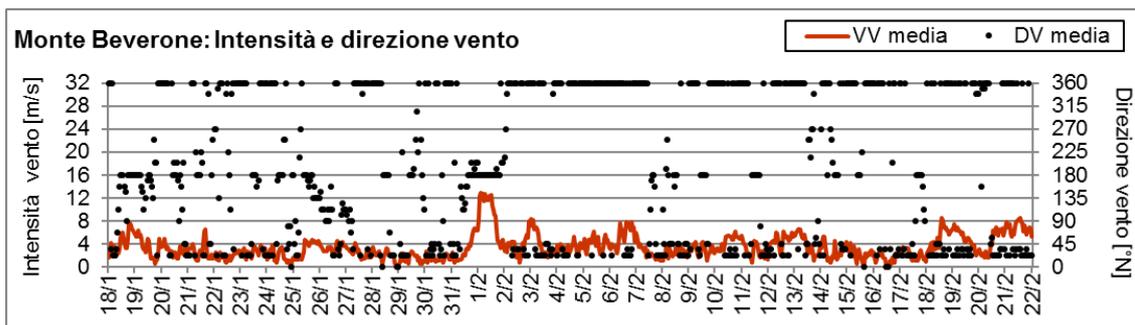


Figura 14 – Monte Beverone: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 18/1.

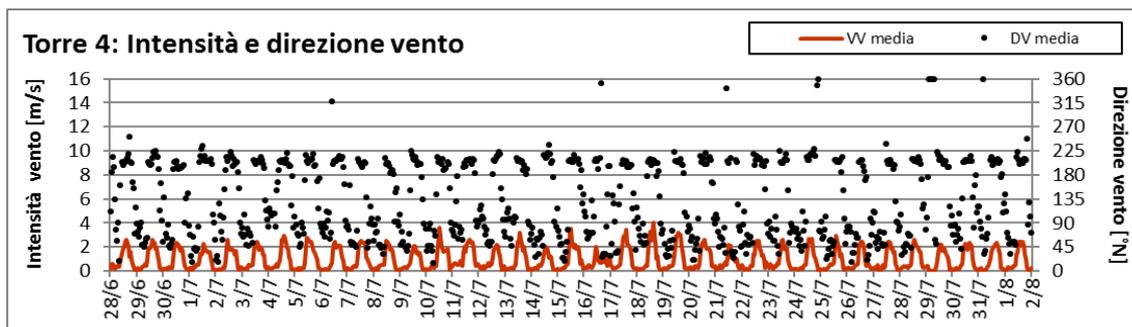


Figura 15 – Torre T4: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 18/2.

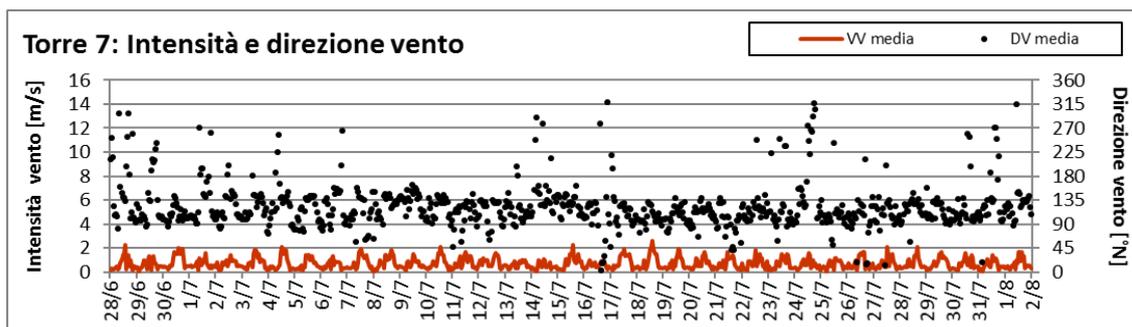


Figura 16 – Torre T7: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 18/2.

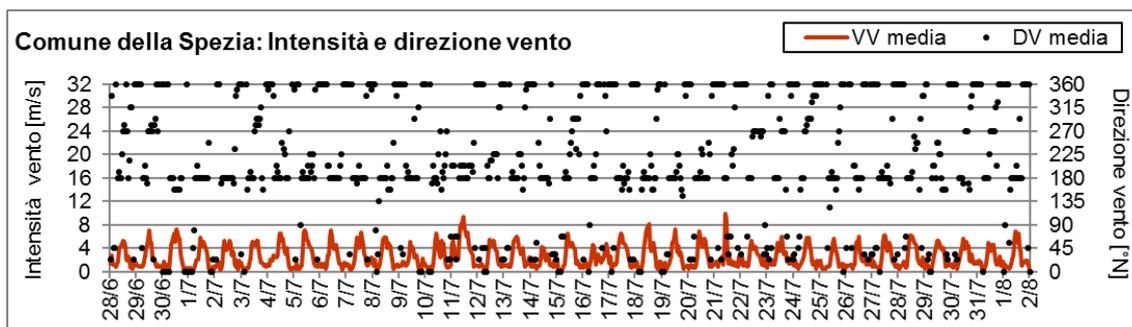


Figura 17 – Comune: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 18/2.

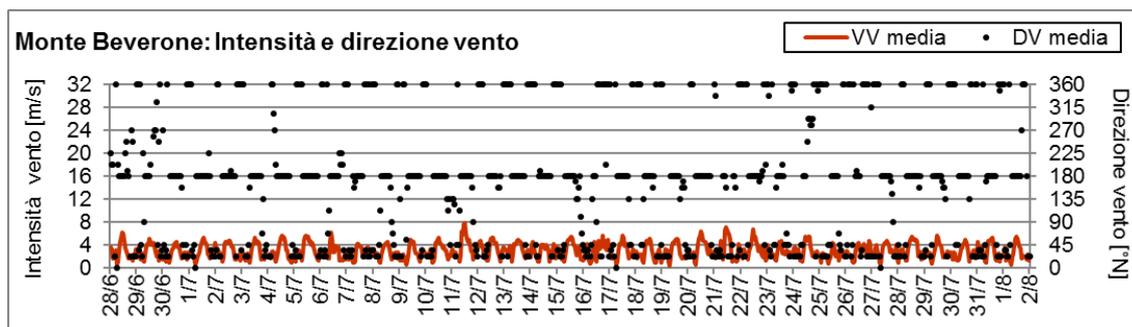


Figura 18– Monte Beverone: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 18/2.

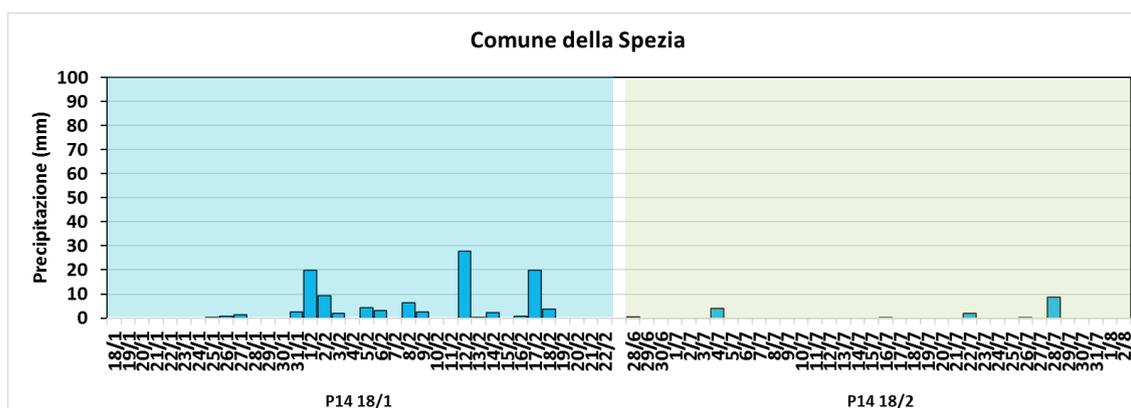
### 3.4 Precipitazioni

I dati delle precipitazioni giornaliere misurate nelle postazioni di Comune, La Foce – Monte Viseggi e Fornola sono riportati in Appendice 2. Di seguito, sono riassunti il numero di eventi meteorici significativi<sup>6</sup> e la precipitazione totale misurata presso le postazioni della rete ARPAL presenti in territorio comunale e quella di Fornola, in comune di Santo Stefano di Magra, che in talune occasioni presenta andamenti pluviometrici molto simili a quelli della parte più orientale del golfo dove è localizzata l'area di interesse della P18:

	Comune della Spezia		La Foce Monte Viseggi		Fornola	
	P14 18/1	P14 18/2	P14 18/1	P14 18/2	P14 18/1	P14 18/2
N° eventi meteorici	6	6	5	6	9	6
N° giorni totali	17	6	20	8	24	9
Precipitazione totale [mm]	106,6	15,4	155,4	8,2	130,2	18,4

Tabella 8 – Sintesi degli eventi piovosi registrati durante le campagne.

Nelle due campagne, le precipitazioni totali cumulate sono state molto diverse nell'area. Di seguito è mostrato l'andamento temporale degli eventi di precipitazione nei due periodi di monitoraggio:



<sup>6</sup> Per "eventi meteorici significativi" si è inteso il numero di periodi piovosi, non le singole giornate. Gli eventi piovosi possono essere quindi di durata plurigiornaliera.

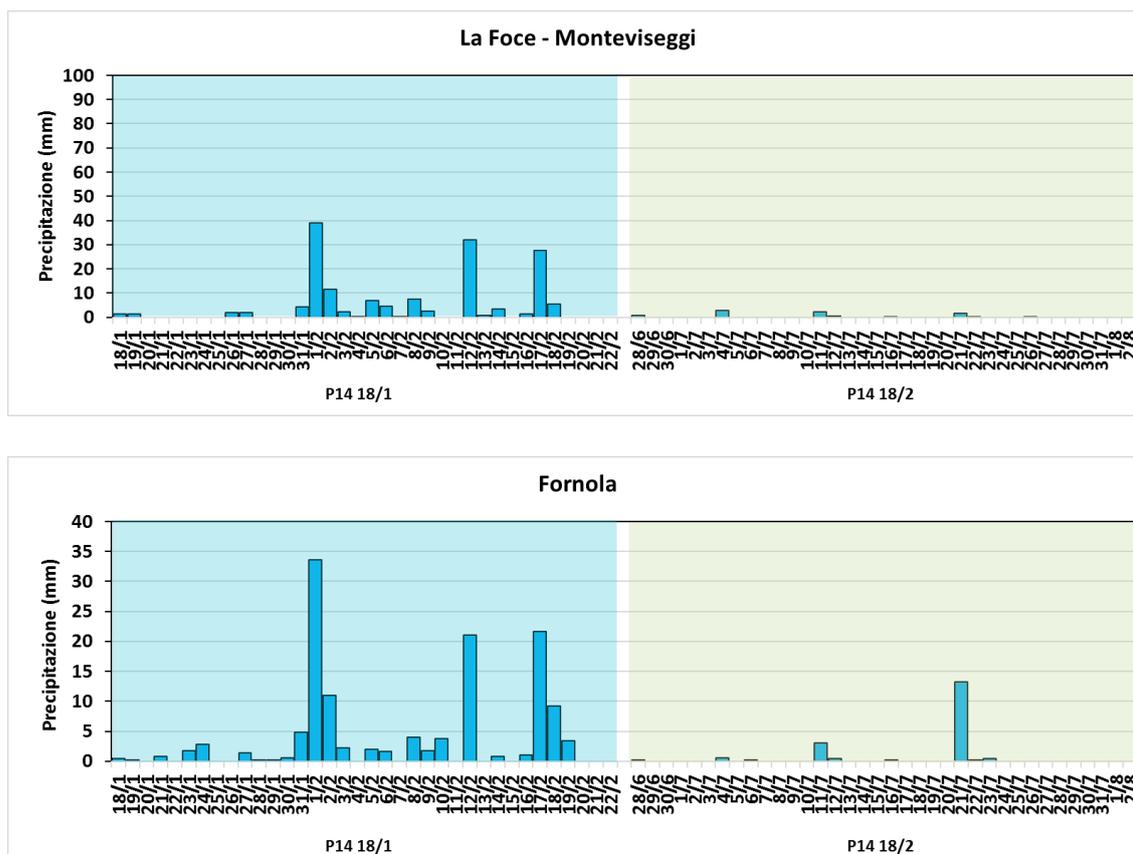


Figura 19- Precipitazioni cumulate durante il periodo delle campagne di campionamento.

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

- Campagna **P18 18/1**: si sono registrati numerosi eventi precipitativi con valori cumulati in linea con la climatologia;
- Campagna **P18 18/2**: durante questo periodo si sono avuti pochissimi eventi di pioggia, con valori di cumulata in linea con la stagione estiva e legati ad eventi temporaleschi che hanno impattato in modo più rilevante sull'area della val Magra.

### 3.5 Caratteristiche meteo generali delle campagne integrative effettuate a Bypass.

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 2018 le deposizioni inorganiche presso il sito di Bypass.

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: il confronto evidenzia differenze anche significative giustificabili probabilmente con la diversa localizzazione dei due siti ed in linea con quanto evidenziato in Tabella 8 per le stazioni meteo ARPAL.

Sigla	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Precipitazione raccolta [mm]	Precipitazione Stazione Spezia Comune [mm]
P18 17/I	13/12/17	18/01/18	36	204	116
P18 18/A	22/02/18	29/03/18	35	282	194
P18 18/B	30/03/18	27/04/18	28	115	106
P18 18/C	27/04/18	30/05/18	33	50	59
P18 18/D	30/05/18	28/06/18	29	29	16
P18 18/E	01/08/18	03/09/18	33	40	68
P18 18/F	03/09/18	11/10/18	38	32	24
P18 18/G	11/10/18	06/11/18	26	245	208
P18 18/H	06/11/18	17/12/18	41	216	182

Tabella 9 – Precipitazione cumulata misurata a Comune della Spezia e con il deposimetro di Bypass (mm).

Nella tabella è indicata anche la campagna P18 17/I che si è sviluppata a cavallo tra il 2017 e il 2018 che si è scelto di elaborare nel presente rapporto.

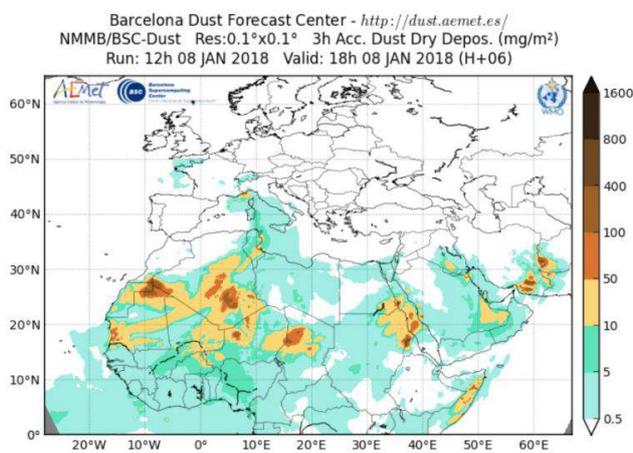
Inoltre, per completare la copertura annuale, un'ulteriore campagna è stata effettuata a partire dal 17/12/18 ma, essendosi svolta in parte anche nel corso del mese di gennaio 2019, la stessa sarà elaborata e discussa in occasione del prossimo Rapporto.

### 3.1.1 La situazione meteo nel corso della campagna P18 17/I (13/12/2017 ÷ 18/01/2018)

Il periodo in generale vede un dicembre più umido e ventoso tra ovest e sud-Ovest (quasi autunnale), caratterizzato da una tardiva intensificazione delle precipitazioni sul Nord Italia e la Liguria (Levante) con 3 giornate di precipitazioni più significative sullo spezzino (in costa) caratterizzate da valori di 17 e 29 mm/24h (rispettivamente il 14, 26 e 27 del mese) e due episodi di mareggiata intensa di libeccio lungo verso l'11 dicembre (per l'approfondirsi di una estesa depressione dall'aspetto autunnale) con uno stato molto agitato (altezza d'onda significativa di 4.7 m e un Hmax di 8.4 m) e ancora condizioni meteomarine avverse e verso il 27 e 28 dicembre (mare tra molto mosso e localmente agitato). Sintetizzando l'intero mese di dicembre vede precipitazioni sopra l'atteso nel Levante Ligure con 253 mm/mese (rispetto a valori climatologici attesi di 103 mm).

Segue un Gennaio caratterizzato dalla dominanza di una depressione sull'Europa centro settentrionale: tale configurazione che a tratti ha tratti interessa il Mediterraneo occidentale vede rapidi sia la formazione di una depressione sul Mediterraneo occidentale con correnti sciroccali sulle zone tirreniche che rapidi passaggi frontali da Nord Ovest (spesso attenuati dalla barriera alpina) che sono associati alla formazione di alcuni minimi secondari. Tornando alle precipitazioni, se dicembre vedeva fenomeni sopra l'atteso nel Levante Ligure, Gennaio è caratterizzato da fasi più instabili in particolare nella prima metà con precipitazioni sullo spezzino limitate al 1/01, il 6/01, 10/01 e 16 del mese (che non risultano particolarmente rilevanti in costa nello spezzino).

La configurazione del 8 gennaio, in particolare, che non è in linea con i veloci passaggi da Ovest, Nord Ovest del periodo, vede un cambio di configurazione con un richiamo di aria caldo umida sub tropicale dal nord Africa, evidenziando richiami di origine africana che hanno comportato deposizioni di sabbia di origine africana sull'intera regione e sullo spezzino.



Per quanto riguarda la ventilazione si evidenzia come gennaio, che è caratterizzato in costa (stazione della Spezia) da raffiche di burrasca forte il 1/01 e raffiche di burrasca verso il 8-9/01, si chiude con intense correnti occidentali, in particolare tra il 16/18 gennaio, quando si sono registrati picchi di 80 km/h.

Dal punto di vista delle temperature si segnala un'anomalia termica positiva che si estende dall'area mediterranea a gran parte dell'Europa centrale con valori massimi sopra la norma di +3/+5°C in particolare nello spezzino (a Spezia il 7/01 si registrano 17.8 gradi).

**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

### 3.1.2 La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/A (22/02/2018 ÷ 29/03/2018)

Fino al 25 febbraio è stata caratterizzata, in Liguria, da clima mite e qualche debole precipitazione, preludio dell'irruzione di aria molto fredda giunta sulla regione i giorni di fine mese, che condiziona poi inizio marzo. Dal punto di vista delle precipitazioni sono state generalmente deboli, nevose anche lungo la costa centrale domenica 25: sabato 24 le cumulate massime, localizzate nell'entroterra imperiese (Colle d'Oggia ha raggiunto 26.8 millimetri). Ma è l'aspetto delle temperature quello più interessante si ha dal 25, invece, con un crollo delle temperature caratterizzate da minime in molte località sottozero e valori assoluti di tutto rispetto: -13.5 a Poggio Fearza (Imperia), -10.4 a Casoni di Suvero (La Spezia).

In costa a Spezia i valori termici raggiungono minimi di -3.9 °C il 28/02/2018. L'ingresso di aria siberiana, che ha comportato la comparsa di neve nell'entroterra a partire dall'imperiese con spolverate anche verso costa tra Ventimiglia, Genova e l'interno Levante, con significativi episodi di gelicidio nell'interno e zone di confine con Piemonte. In questo periodo correnti siberiane giungono fino alla nostra Penisola, mentre i sistemi frontali, rallentati dall'anticiclone, comportano una convergenza tra l'aria umida sul Tirreno e la massa d'aria fredda continentale. Così si sono avute gelate diffuse e nevischio fino a bassa quota verso la costa anche in Liguria e in Toscana tra il 28 febbraio e l'1 marzo.



**Figura 20 – Nevicata a Spezia il 01/03/18: postazione RQA e deposimetri P14 di Parco della Magliolina.**

Dopo il freddo torna il clima mite ma anche la pioggia. La settimana tra il 5 e l'11 marzo in Liguria è stata caratterizzata, dopo l'intensa fase fredda dei giorni precedenti, dal ritorno di un clima tutto sommato mite ma anche della pioggia verso il 10-11 quando si sono avute le precipitazioni più significative sulle quattro province dall'inizio del 2018. Si osserva un ritorno a correnti atlantiche più miti che hanno allontanato le correnti siberiane (nord-orientali) d'inizio mese che erano collegate a un potente anticiclone. Questa struttura ha abbandonato l'Europa e si è ritirata verso latitudini artiche, favorendo il predominio della depressione presente sull'Europa occidentale comportando, sul Nord Italia e la Liguria, condizioni di tempo a tratti variabile ma più mite, più in linea con la climatologia.

La pioggia per l'appunto torna protagonista, in particolare il giorno 11 marzo, con quantità molto elevate di pioggia in particolare nella zona del genovesato con valori

giornalieri maggiori di 150 mm (mentre si osservano 36 mm/24h a Spezia). Seguono alcuni sistemi frontali che, nel loro moto verso Est/Sud-Est (a causa del blocco anticiclonico) che determinano fasi perturbate e umide con precipitazioni tra il 10 e il 18 sullo spezzino: le giornate del 17 e 18 del mese sono caratterizzate da picchi di precipitazione poco significativi di circa 16-17 mm/24h. Tra il 19 e il 25 marzo in Liguria si hanno ancora temperature basse, soprattutto per quanto riguarda le minime mentre le precipitazioni risultano, invece, complessivamente piuttosto scarse o assenti. Segnaliamo infine, un'ultima perturbazione che ha attraversato velocemente il nord Italia giovedì 29/03 con scarse precipitazioni nello spezzino in costa.

### **3.1.3 La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/B (30/03/2018 ÷ 27/04/2018)**

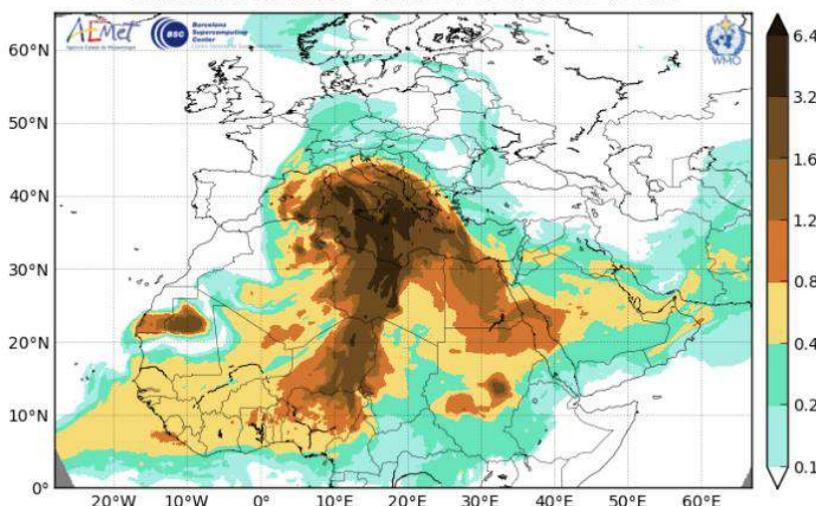
Dopo un marzo instabile e a tratti fresco e piovoso, con aprile si entra nella climatologia primaverile; il mese nel quale si sviluppa la **campagna primaverile P14 18/2** (30/03/2018 ÷ 27/04/2018) risulta dal punto di vista meteorologico diviso in due parti; la prima metà in cui si osservano condizioni di spiccata variabilità che hanno visto annuvolamenti anche intensi associati a qualche precipitazione associati ad alcuni passaggi frontali atlantici che sono stati seguiti da una fase più stabile dopo la seconda metà del mese caratterizzata da un tempo soleggiato ed e a tratti estremamente caldo, a causa dell'affermarsi di una vasta struttura anticiclonica di origine africana sul continente.

La settimana tra il 26 marzo e il 1 aprile è stata caratterizzata dalla prevalenza di un'area depressionaria associata all'entrata di correnti atlantiche anche verso il Mediterraneo. Una struttura più importante ha interessato il centro Nord tra il 30 e 31 a causa della formazione di una serie di circolazioni secondarie (con un minimo 997 hPa) tra il Golfo del Leone e il Piemonte associate a tempo incerto e precipitazioni sullo spezzino il 31/04 (circa 16 mm/24h). Si segnalano rinforzi di burrasca sullo spezzino tra il 31 marzo e il 1 aprile (con massimi fino 65 km/h). Segue il 3- 4 del mese una nuova fase perturbata legata all'approfondimento di una depressione sul Mediterraneo occidentale e avvezione umida che ha portato una fase precipitativa sullo spezzino (16 e 33 mm/24h rispettivamente il 3 e 4 aprile). In questa occasione il fronte ha attraversato il Nord-Ovest e la Liguria dando origine al fenomeno delle nubi basse che hanno interessato la costa genovese addossandosi ai monti con piogge e successive schiarite giovedì 5.

Segue dal 9 al 12 del mese una terza fase caratterizzata da una vasta depressione sull'Europa centro occidentale che insiste sul Mediterraneo e l'Europa centro-occidentale con precipitazioni.

La settimana tra il 9 e il 15 aprile è stata caratterizzata in Liguria da una sequenza di giornate piovose con cumulate giornaliere massime mercoledì 11 con circa 18 mm/24h a Spezia e ben 5 giornate su 7 con precipitazioni caratterizzate tra la sera del 11 e il 12 aprile da correnti meridionali e un probabile apporto di deposizioni sabbiose.

Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>  
 NMMB/BSC-Dust Res:0.1°x0.1° Dust Load (g/m<sup>2</sup>)  
 Run: 12h 14 APR 2018 Valid: 03h 15 APR 2018 (H+15)



Nella seconda parte del mese tra il 16 e il 30 aprile si è osservata inizialmente in Liguria un'ondata di caldo fuori stagione per il mese di aprile (se non negli anni '60, con punte estive che hanno superato i 31°C in diverse località liguri) a causa di condizioni anticicloniche che nell'ultima settimana del termicamente più in linea con la primavera dopo l'anticipo d'estate vissuto nei giorni precedenti.

### 3.1.4 La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/C (27/04/2018 ÷ 30/05/2018)

Dopo un aprile instabile che ci ha fatto transitare nella stagione primaverile, si evidenzia come la prima parte di maggio sia stata caratterizzata da condizioni di spiccata variabilità alternata ad annuolamenti più consistenti per il succedersi di nuclei e infiltrazioni di aria più fresca provenienti dall'Europa settentrionale che hanno interessato il Mediterraneo occidentale e in parte anche la Liguria e i versanti tirrenici. Tale configurazione ha determinato precipitazioni anche a carattere temporalesco più significative nell'interno della regione ed è stata seguita da un tempo progressivamente più soleggiato e caldo nel corso della terza settimana, anche a causa di una rimonta anticiclonica che ha fatto incrementare le temperature su valori tipici dell'estate, con picchi che hanno raggiunto i 33°C sul Savonese e nel Levante.

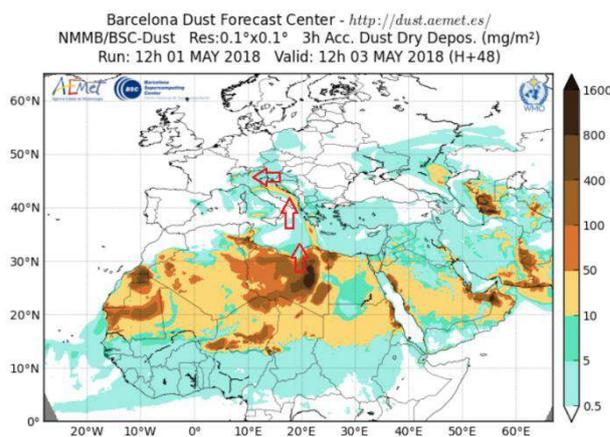
La prima parte del mese ha visto condizioni più instabili e perturbate caratterizzate dalla dominanza di una circolazione atlantica che ha interessato direttamente le coste nord-occidentali europee e solo a tratti le zone mediterranee; queste ultime sono state interessate a tratti dalla presenza di una circolazione depressionaria alimentata dalla discesa di masse d'aria atlantica che nella prima settimana del mese ha stazionato sul centro-sud d'Italia influenzando il meteo del nord con cieli coperti e piogge.

**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



Si evidenzia in tale contesto possibili deposizioni di sabbia verso il 3 e 4/05 a causa dei richiami sud-orientali che dal nord Africa hanno interessato l'intera penisola (vedere la mappa delle Dust Dry Dep del Barcellona Dust Forecast Center a lato).



Si segnalano una serie di passaggi frontali sulla Penisola nel corso della prima parte di maggio che hanno portato alla formazione di diverse circolazioni sulle zone tirreniche/Liguri in particolare tra il 2-5/06, verso 8-9/06 e attorno al 13 e 17 del mese, legate anche alla formazione di una serie di occlusioni sulla Penisola e i Balcani. Successivamente, nel corso della seconda parte del mese, si evidenzia il prevalere di un'anomalia positiva di geopotenziale sull'Europa centro settentrionale (legata a un ulteriore rafforzamento dell'anticiclone tra la Gran Bretagna e la Penisola Scandinava).

Queste dinamiche comportano che le precipitazioni di maggio sulla Liguria (si veda la mappa areale delle precipitazioni) mostra quantitativi massimi oltre i 150-160 mm/mese, in particolare in alcune zone interne del centro della regione e verso i confini toscani, mentre in costa gli stessi risultano in media, al di sotto degli 80-90 mm/mese, a seconda delle zone.



Nello spezzino si registrano quantitativi di pioggia ridotti rispetto al resto della regione con valori di 54 mm per maggio (contro i 89 mm/mese attesi dalla climatologia). Si evidenzia sulla costa dello spezzino qualche precipitazione più consistente (tra deboli e moderate) i primi due giorni del mese (inferiori a 15 mm/24h) e successivamente verso il 10 e 13 e 14 del mese (< 6mm/24h). Nella seconda parte del mese, come accennato, si hanno scarsi fenomeni su Spezia, limitati al 20 e 30 di maggio (caratterizzate da quantitativi scarsi < 5 mm/24h).

### **3.1.5 La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/D (30/05/2018 ÷ 28/06/2018)**

Dopo un maggio inizialmente caratterizzato da condizioni di spiccata variabilità con precipitazioni anche a carattere temporalesco, seguite da un periodo progressivamente più stabile caldo che ci traghetta verso l'estate: giugno comunque è ancora condizionato da iniziali condizioni di spiccata variabilità associate a una dominanza di una circolazione depressionaria sull'Europa occidentale, seguita da una rimonta della pressione sul continente, alternata a qualche episodio instabile verso la fine della seconda decade e nell'ultima parte del mese si ha un ritorno di aria instabile di origine balcanica.

Nella prima decade di giugno si osserva, in particolare, come l'instabilità sia stata condizionata da una debole circolazione depressionaria quasi stazionaria che ha insistito sull'Europa sud-occidentale e il Mediterraneo occidentale. Segue una rimonta della pressione sul continente, alternata a qualche episodio instabile verso la fine della seconda decade. Il 7, 12 e 13 del mese si osservano nello spezzino in costa deboli precipitazioni.

Nella seconda metà la rianalisi evidenzia il rafforzarsi di un'anomalia positiva di geopotenziale sull'Europa centro settentrionale, legata a un ulteriore rafforzamento dell'anticiclone tra la Gran Bretagna/Francia e la Russia mentre una circolazione depressionaria si va rafforzando sul meridione italiano, il Golfo della Sirte e la Grecia. Tuttavia, gli ultimi giorni del mese, attorno al 28/06 si osserva il passaggio di una linea d'instabilità dai quadranti settentrionali, legata a rovesci e temporali che hanno interessato anche la Liguria con precipitazioni di moderata intensità limitate all'interno nelle ore più calde. Lo spezzino costiero evidenzia un deficit di precipitazione mensile evidente rispetto alle altre province.

In questa fase il trend termico è stato caratterizzato anche da nuovi incrementi, anche a causa di una rimonta della pressione associata a tempo in prevalenza soleggiato: infatti si evidenziano temperature massime sopra la norma con 30 °C a Savona verso il 14/06 e picchi di 32°C verso il 17/06, in particolare nell'interno spezzino, parallelamente alle prime notti tropicali sul genovese (T min > 20°C). Anche nell'ultima decade del mese la colonnina di mercurio ha superato i 30/32°C in costa, salvo qualche locale calo legato ad un aumento dell'instabilità.

### **3.1.6 La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/E (01/08/2018 ÷ 03/09/2018)**

Dopo un mese di luglio che si è mantenuto all'insegna di una spiccata variabilità con episodi temporaleschi anche intensi sul centro nord e la Liguria, alternati a condizioni di disagio da caldo, ecco che il mese di agosto parte con temperature decisamente alte e sopra l'attesa a causa di una rimonta anticiclonica insidiata tuttavia da infiltrazioni in quota di aria atlantica sul Nord Italia e sulla Liguria, più accentuate verso fine mese per il transito di alcuni sistemi frontali provenienti dalla Francia. Se la prima parte di agosto ha visto una configurazione sulla penisola che risulta dominata da una configurazione prevalentemente anticiclonica, mentre la seconda parte del mese lascia maggiore

**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

spazio a infiltrazioni atlantiche associate a qualche passaggio perturbato che ci ha interessati nel suo moto verso Sud-Est, indebolendo il dominio anticiclonico. In tale contesto si può osservare come le circolazioni depressionarie atlantiche (L) siano rimaste prevalentemente confinate oltre il 55° parallelo nord nel corso di agosto.

La spinta anticiclonica di origine africana ha comportato temperature assai elevate e caratterizzate da un 'anomalia termica media per lo spezzino +4/5°C per l'intero periodo con massimi + 8°C (1, 20,21 e 22 agosto). Nello spezzino si osservano, in particolare, due periodi caldi estesi tra 1-8 del mese e il 15-25 del mese, caratterizzati da temperature massime > 30 °C con massimi compresi tra 36 °C (12 agosto) e 35 °C (tra il 21 e 22 agosto).

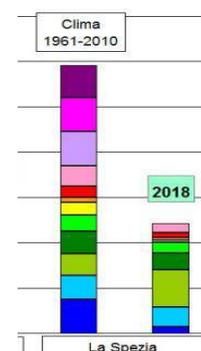
Le precipitazioni areali mensili mostrate che hanno interessato il centro levante, sono legate a frequenti rovesci temporaleschi che trovano un evidente riscontro nel significativo numero di giornate caratterizzate da fulminazioni (centrate sull'area del genovese e nel medio levante). Tale andamento precipitativo tuttavia ha visto valori mensili più significativi sul centro e medio Levante: si osservano sulla costa del centro levante valori puntuali rispettivamente di circa 135 mm a Genova, 103 mm sia a Savona che nello spezzino a Levante (mediamente con 7 giorni piovosi): in particolare a Levante e nelle zone limitrofe, nell'ultima settimana del mese si sono evidenziati brevi ma intensi eventi temporaleschi, associati a colpi di vento con danni in costa e rischi per il turismo balneare. Il carattere locale delle precipitazioni temporalesche è mostrato dai valori irregolari registrati nelle stazioni (sia nell'interno che in costa).

Più a Est, nell'area del golfo della Spezia segnaliamo precipitazioni mensili più modeste comprese tra 25-50 mm circa, mentre sulla stazione della Spezia si segnalano 24 mm/mese contro i 63 mm attesi, con soli 4 giorni piovosi.

### 3.1.7 La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/F (03/09/2018 ÷ 11/10/2018)

La prima parte di settembre vede ancora condizioni di variabilità seguite da tempo più stabile e temperature ancora decisamente sopra l'atteso nella prima decade e occasionalmente verso la metà del mese si osservano a tratti condizioni di variabilità in Liguria. Segue nel corso delle ultime due decadi una dominanza dell'anticiclone, anche di matrice sub tropicale, che ha portato una maggiore stabilità e giornate calde ancora estive. Questa situazione che è colta ai bassi livelli dalla rianalisi mensile della pressione al suolo, vede nel corso del mese una rimonta anticiclonica (H) verso latitudini più settentrionali (oltre il 45° parallelo nord), con massimi tra la Francia e la Gran Bretagna che hanno comportato richiami caldo umidi dall'area mediterranea verso il nord-est Europa.

Per quanto riguarda le temperature sono significative quelle registrate tra il 19 e 24 e verso il 28-30 del mese: valori tra i 27 e 30 °C e anomalie positive che in questi periodi raggiungono +3 e +6°C. Gli istogrammi a lato, dove sono confrontati i valori mensili 2018 con quelli climatologici per Spezia, evidenziano per settembre (e per i primi 9 mesi dell'anno) un deficit precipitativo significativo.



### 3.1.8 La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/G (11/10/2018 ÷ 06/11/2018)

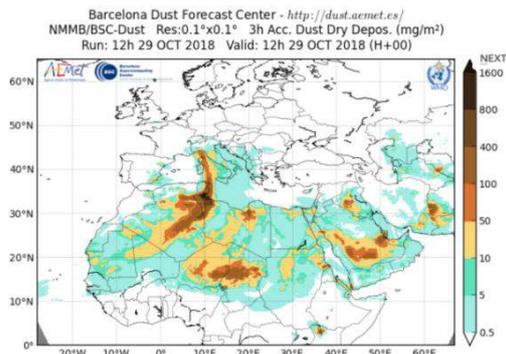
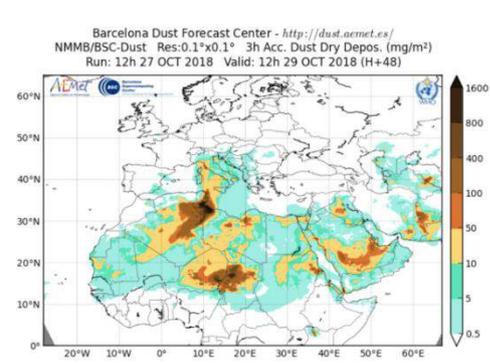
Il mese di ottobre si apre sul Mediterraneo e l'Europa sud-occidentale all'insegna di un tempo a tratti molto instabile e perturbato, per effetto della circolazione depressionaria che dalla Penisola Iberica si è estesa verso Est alle altre zone meridionali del Mediterraneo, interessando oltre al Nord Africa anche il Tirreno centro meridionale, le due isole maggiori e le zone ioniche.

In breve sulla Liguria si segnala attorno un rinforzo del flusso sciroccale verso 11-12 del mese, che ha comportato una fase di maltempo più autunnale con rovesci intensi. Dopo temporanee schiarite legate a un tempo asciutto con temperature inattese (che hanno toccato i 28-30°C verso il 19/10 anche per un probabile effetto di legato al vento di föhn, ben presto si evidenzia un nuovo esteso peggioramento associato a tempo perturbato e venti dalle intensità eccezionali: un violento flusso da sud a partire dal 27/28/11 con intensità sullo spezzino seguito dal Libeccio comporta una convergenza di onde da S,SE il 29/11 con quelle da SW, creando una mareggiata con danni su gran parte del litorale.

Dal 26/10 al 02/11 si segnala un periodo di precipitazioni e tempo instabile sullo spezzino con picchi di 36 e 70 mm/24h rispettivamente il 28/29 ottobre, legati a un intensissimo quanto anomalo richiamo umido sciroccale dal nord Africa e lungo il

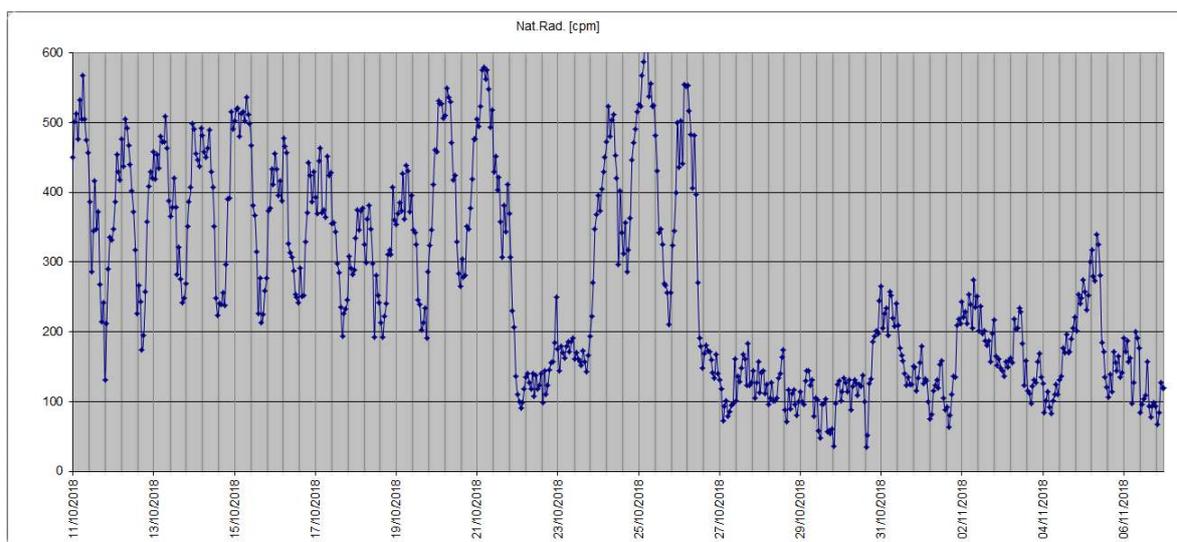
Tirreno che ha comportato 4 giorni consecutivi di vento con raffiche di burrasca forte (> 72-90 km/h) tra il 27 e 30 ottobre dai quadranti meridionali con picchi massimi di vento di tempesta da Scirocco (172 km/h). A seguire un episodio di libeccio il 30 ottobre con mareggiate da ostro e libeccio assai intense sul territorio.

A causa dell'estrema quanto estesa meridionalizzazione dei flussi si segnala, in particolare, il 29/10 (vedere mappa di seguito) una deposizione di sabbia legata alla struttura che ha interessato il Tirreno e la Liguria che ha insistito per circa 3 giorni sulla Liguria.



Inizio del mese di novembre è ancora caratterizzato a tratti da tempo incerto, autunnale, ma meno instabile ed estremo rispetto ai giorni precedenti: si evidenziano, diversi passaggi perturbati associati a richiami meridionali alternati all'ingresso di correnti più continentali che hanno comportato un graduale calo termico con piovoschi deboli o localmente moderati (tra 20 e 30 mm) sullo spezzino (1-2 e 6 novembre).

Nel grafico che segue sono rappresentati i valori dell'attività BETA associabile ai prodotti di decadimento del Radon rilevati con il campionario 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, ad esempio, portato alla quasi totale scomparsa del ciclo giorno/notte: la cosa è molto evidente in occasione dell'evento di fine mese.



**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](mailto:arpal@pec.arpal.gov.it)  
C.F. e P.IVA 01305930107

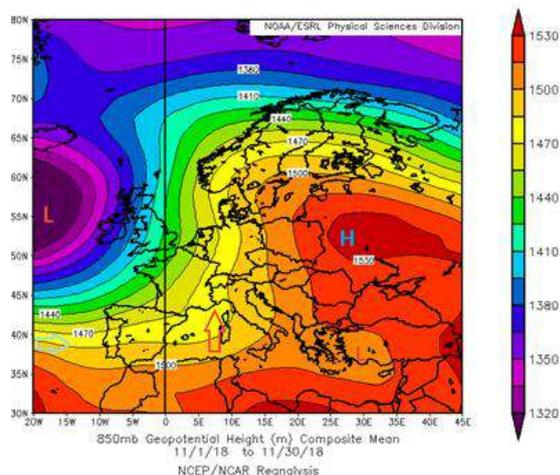
Member of CISQ Federation



### 3.1.9 La situazione meteo nel corso della campagna P18 18/H (06/11/2018 ÷ 17/12/2018)

Anche il mese di novembre vede una configurazione sinottica caratterizzata dal contrapporsi di due strutture: una vasta depressione atlantica estesa fino alle zone mediterranee ed una vasta zona anticiclonica centrata sull'Europa orientale.

Tale configurazione ha comportato una prevalenza di correnti meridionali sulle aree mediterranee e tirreniche, per l'approssimarsi di alcuni passaggi frontali provenienti dalla penisola Iberica e il vicino atlantico che hanno interessato la Liguria con diversi episodi precipitativi dapprima nel corso della prima decade e successivamente verso l'ultima.



Successivamente, verso metà novembre, al flusso prevalentemente meridionale che ha caratterizzato la prima parte del mese, si è andato ad affermare un contributo a tratti più orientale di origine continentale; ciò ha comportato un'inversione di tendenza sia nelle precipitazioni che nell'andamento termico, caratterizzata per quest'ultimo parametro da un calo delle temperature e una riduzione delle anomalie termiche positive eccezionali registrate nei mesi precedenti.

Dal punto di vista delle temperature, dopo un ottobre anomalo e caldo, si evidenzia sull'intera penisola un'anomalia termica ancora lievemente positiva (poco oltre +0.5 °C) ma più modesta rispetto alle anomalie del mese precedente. Agli iniziali richiami caldo umidi dal nord-Africa, si sono alternati ritorni più continentali (nella seconda parte del mese di novembre) che hanno comportato un graduale calo termico: tale andamento ha visto una riduzione delle temperature su valori più in linea con la climatologia.

Per quanto riguarda le precipitazioni si evidenziano in Liguria diversi eventi perturbati, caratterizzati da precipitazioni diffuse, nel complesso in linea con l'atteso.

## 4 MOVIMENTAZIONE CARBONE E OPERATIVITÀ DELLA CENTRALE ENEL

Durante il periodo di monitoraggio sono stati raccolti ed elaborati i principali dati di impianto legati al funzionamento, alle emissioni della centrale termoelettrica ENEL e, soprattutto, alle attività di scarico e movimentazione del carbone dal molo ENEL ai carbonili e alla centrale.

Nei paragrafi 4.2 e 4.3 sono riportati i dati relativi rispettivamente allo scarico, giacenza e movimentazione carbone e nel paragrafo 4.4 quelli relativi al funzionamento e alle emissioni prodotte, rappresentati in forma grafica, sia per la **P18 18/1** che per la **P18 18/2**.

### 4.1 Scarico navi

Di seguito viene riportato il calendario di operatività delle navi carboniere in corrispondenza della effettuazione della campagna **P18 18/1** (18/01/18 - 22/02/18) con l'indicazione della quantità di carbone scaricato giornalmente:

Nave	Data	Carbone scaricato (t/giorno)
FEDERICO II	10/02/2018	4.000
FEDERICO II	11/02/2018	6.000
FEDERICO II	12/02/2018	9.000
FEDERICO II	13/02/2018	9.000
FEDERICO II	14/02/2018	6.000
FEDERICO II	15/02/2018	7.000
FEDERICO II	16/02/2018	6.000
FEDERICO II	17/02/2018	6.000
FEDERICO II	18/02/2018	5.000
FEDERICO II	19/02/2018	3.000
FEDERICO II	22/02/2018	5.000

**Tabella 10 – Calendario di operatività delle navi carboniere durante la campagna P18 18/1.**

Di seguito viene anche riportato il calendario di operatività delle navi carboniere in corrispondenza della **P18 18/2** (28/06/18 ÷ 01/08/18) con l'indicazione della quantità di carbone scaricato giornalmente:

Nave	Data	Carbone scaricato (t/giorno)
LILY ATLANTIC	14/07/2018	500.000
LILY ATLANTIC	15/07/2018	6.000
LILY ATLANTIC	16/07/2018	6.500
LILY ATLANTIC	17/07/2018	7.000
LILY ATLANTIC	18/07/2018	6.000
LILY ATLANTIC	19/07/2018	7.000
LILY ATLANTIC	20/07/2018	8.500
LILY ATLANTIC	21/07/2018	4.174

**Tabella 11 - Calendario di operatività delle navi carboniere durante la campagna P18 18/2.**

Nella tabella successiva è riportato il calendario di operatività delle navi carboniere del periodo 01/01/18 ÷ 31/12/18, con l'indicazione della quantità di carbone complessivamente scaricato:

Nave	Data inizio scarico	Data fine scarico	Carbone scaricato (t)
Sbi Swing	01/01/2018	02/01/2018	9304
Xin Shun	08/01/2018	11/01/2018	18603
Federico II	10/02/2018	27/02/2018	87526
Sbi Rock	06/05/2018	19/05/2018	67964
Hung Yu	05/06/2018	08/06/2018	19402
Lily Atlantic	14/07/2018	21/07/2018	45674
Federico II	21/08/2018	31/08/2018	87492
Puma	24/09/2018	09/10/2018	33582
Melodia	26/09/2018	15/10/2018	67010
Hong Yuan	16/10/2018	24/10/2018	42084
Federico II	04/11/2018	15/11/2018	31076
Ultra Panache	16/11/2018	06/12/2018	64680
Golden Endeavour	06/12/2018	16/12/2018	64021
Santa Regina	18/12/2018	29/12/2018	66542

**Tabella 12 - Calendario di operatività delle navi carboniere nell'anno 2018.**

Durante tutto l'anno è stato scaricato carbone per un totale di 704.960 t: l'attività di scarica si è sviluppata in 144 giorni su 365 giorni (circa 39% dell'anno), con una media giornaliera pari a 1.931 t/g. Considerando solo i 144 giorni di effettivo scarico, si ha una media di 4.896 t per ogni giorno di scarico.

Durante la campagna **P18 18/1** sono state scaricate circa 66.000 t di carbone in 11 giorni sui 36 di durata della campagna, con una media giornaliera di campagna pari a circa 1.833 t/g. Considerando solo gli 11 giorni di scarico effettivo, la media giornaliera risulta pari a circa 6.000 t.

Durante la campagna **P18 18/2** sono state scaricate circa 45.674 t di carbone in 8 giorni sui 35 di durata della campagna, con una media giornaliera di campagna pari a 1.305 t/g. Considerando solo gli 8 giorni di scarico, la media giornaliera risulta pari a circa 5.709 t.

Dall'analisi dei dati si deduce che in entrambe le campagne, la quantità media di carbone scaricato dalle navi nei giorni di scarico (rispettivamente 6.000 t/g e 5.709 t/g) risulta essere in linea con la quantità media giornaliera su base annuale nei giorni di scarico (4.896 t/g). Lo scarico del carbone è avvenuto per circa il 31% del tempo nella campagna invernale e per il 23% del tempo nella campagna estiva.

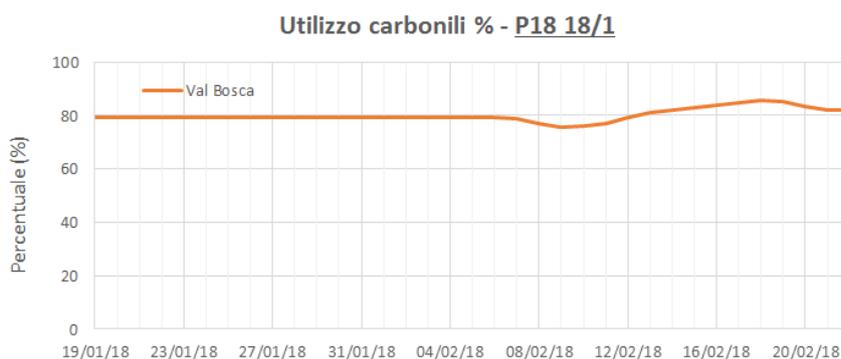
Pertanto, i periodi di monitoraggio sono assolutamente rappresentativi della normale attività di scarico del carbone.

## 4.2 Giacenze carbone

Come noto a partire dal luglio 2016 il carbonile di Val Fornola non è più operativo (si veda nota prot. ENEL PRO-26/09/2016-0032038): pertanto la movimentazione di carbone nel 2018 (come già nel corso dell'anno precedente) si è avuta soltanto verso e dal carbonile di Val Bosca.

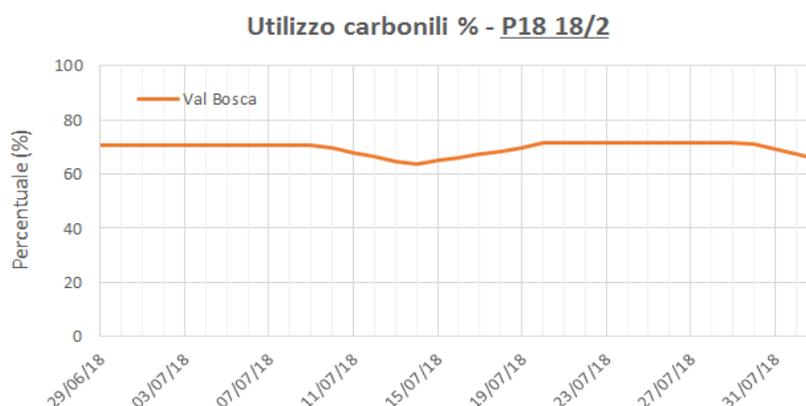
Durante la campagna **P18 18/1** la giacenza del carbonile di **Val Bosca**, è variata di poco attestandosi sempre intorno a circa l'80% della capienza:

**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



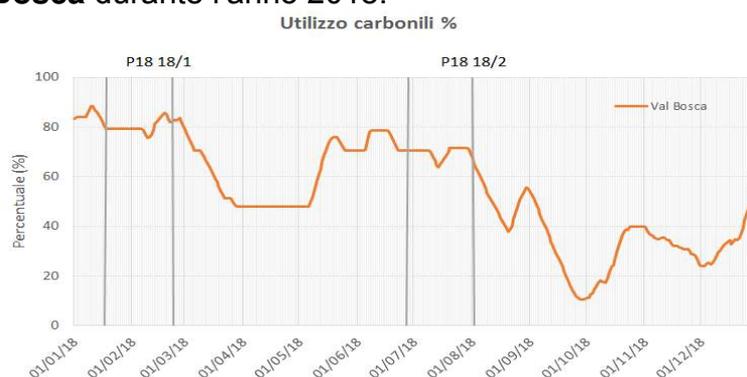
**Figura 21 – Percentuale di utilizzo del carbonile durante la P18 18/1.**

Durante la campagna **P18 18/2** la giacenza del carbonile è oscillata intorno a circa il 70% con un valore minimo a poco più del 60% della capienza:



**Figura 22 – Percentuale di utilizzo del carbonile durante la P18 18/2.**

Nella figura seguente è riportato l'andamento delle giacenze di combustibile del carbonile di **Val Bosca** durante l'anno 2018:



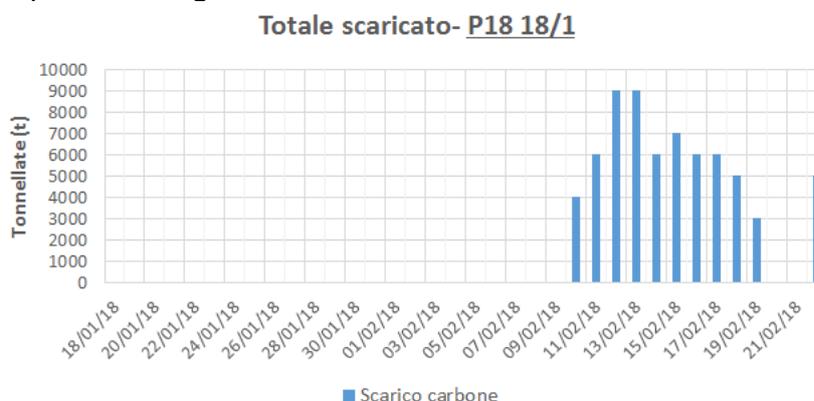
**Figura 23 – Giacenze combustibile carbonile anno 2018.**

Risulta evidente come i periodi delle due campagne siano stati caratterizzati da un valore di giacenza di combustibile nel carbonile tra i più elevati dell'anno.

**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

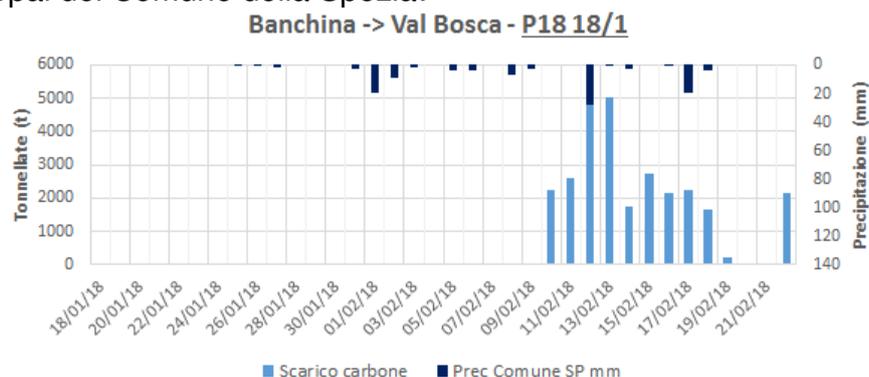
### 4.3 Movimentazione carbone

Per quanto riguarda la campagna **P18 18/1**, nella figura riportata di seguito, è rappresentato il quantitativo giornaliero totale di carbone scaricato:



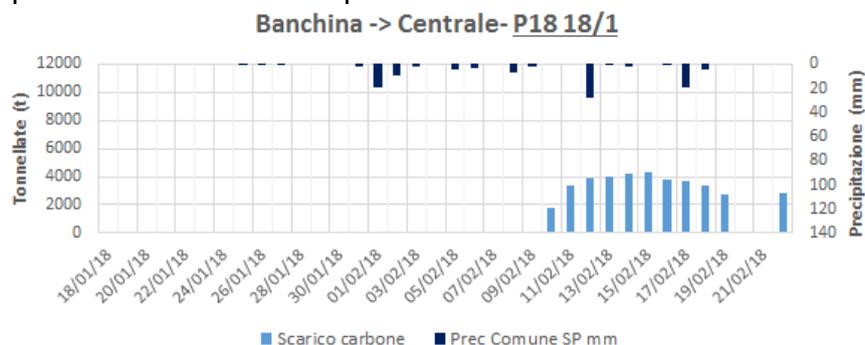
**Figura 24 – Quantitativo giornaliero scaricato durante la P18 18/1.**

Nella figura che segue è rappresentata la movimentazione del carbone dalla nave carboniera al carbonile di **Val Bosca** e la precipitazione giornaliera rilevata presso la postazione Arpal del Comune della Spezia:



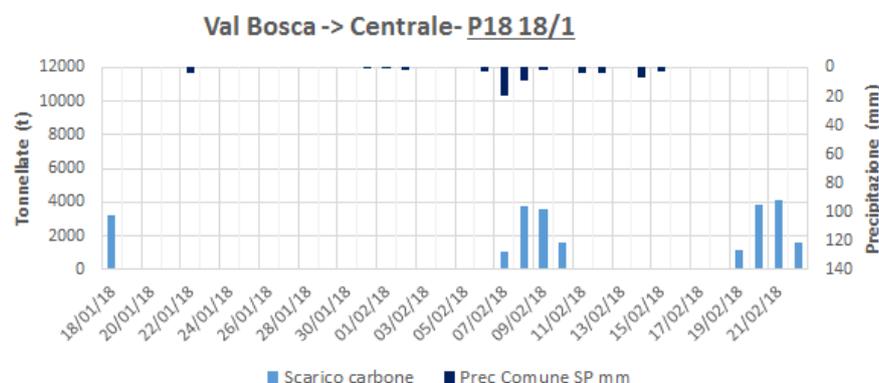
**Figura 25 – Quantitativo giornaliero scaricato da carboniera a Val Bosca durante la P18 18/1.**

Nella figura che segue è rappresentata la movimentazione del carbone dalla nave carboniera direttamente alla Centrale e la precipitazione giornaliera rilevata presso la postazione Arpal del Comune della Spezia:



**Figura 26 – Quantitativo giornaliero scaricato da carboniera a CTE durante la P18 18/1.**

Nella figura che segue è rappresentata la movimentazione del carbone dal carbonile di **Val Bosca** alla Centrale e la precipitazione giornaliera rilevata presso la postazione Arpal del Comune della Spezia:



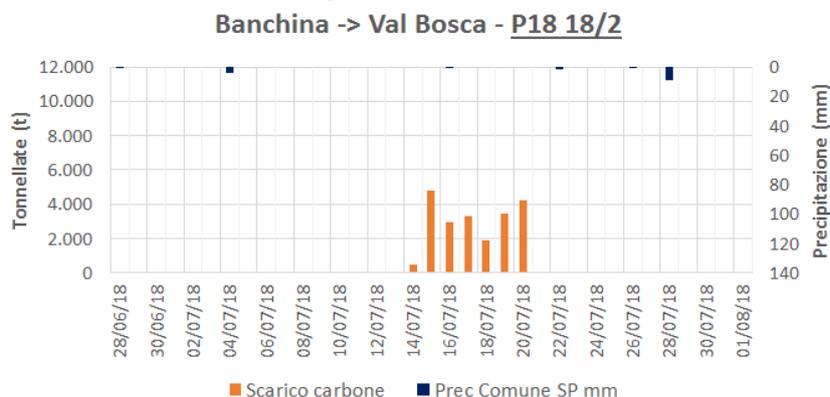
**Figura 27 – Quantitativo giornaliero movimentato da Val Bosca a CTE durante la P18 18/1.**

Per quanto riguarda la campagna di monitoraggio **P18 18/2**, nella figura di seguito riportata è rappresentato il quantitativo giornaliero totale di carbone scaricato:



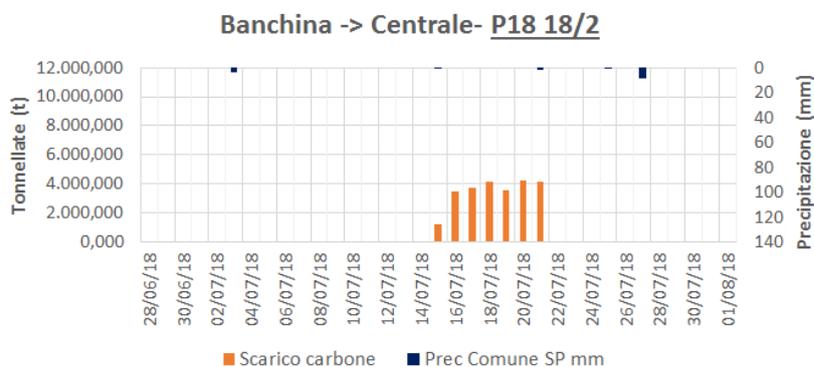
**Figura 28 – Quantitativo giornaliero scaricato durante la P18 18/2.**

Nella figura che segue è rappresentata la movimentazione del carbone dalla nave carboniera al carbonile di **Val Bosca** e la precipitazione giornaliera rilevata presso la postazione Arpal del Comune della Spezia:



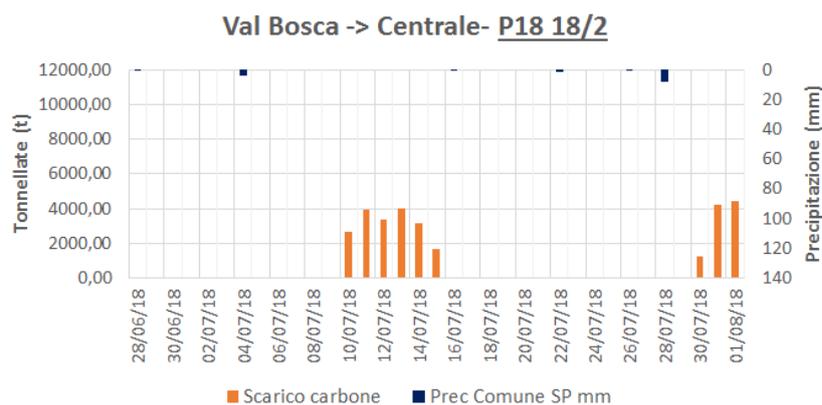
**Figura 29 – Quantitativo giornaliero scaricato da carboniera a Val Bosca durante la P18 18/2.**

Nella figura che segue è rappresentata la movimentazione del carbone dalla nave carboniera direttamente alla Centrale e la precipitazione giornaliera rilevata presso la postazione Arpal del Comune della Spezia:



**Figura 30 – Quantitativo giornaliero scaricato da carboniera a CTE durante la P18 18/2.**

Nella figura che segue è rappresentata la movimentazione del carbone dal carbonile di **Val Bosca** alla Centrale e la precipitazione giornaliera rilevata presso la postazione Arpal del Comune della Spezia:



**Figura 31 – Quantitativo giornaliero movimentato da Val Bosca a CTE durante la P18 18/2.**

#### 4.4 Operatività della centrale

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 **P18 18/1** e **P18 18/2** 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 [Nm<sup>3</sup>/h], NO<sub>x</sub> [mg/Nm<sup>3</sup>], SO<sub>2</sub> [mg/Nm<sup>3</sup>], CO [mg/Nm<sup>3</sup>] e polveri [mg/Nm<sup>3</sup>].

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:

- SO<sub>2</sub>: 180 mg/Nm<sup>3</sup>
- NO<sub>x</sub>: 180 mg/Nm<sup>3</sup>
- CO: 150 mg/Nm<sup>3</sup>
- Polveri: 15 mg/Nm<sup>3</sup>

Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P18 18/1** (18/01-22/02) si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 442 MW ed ha avuto un transitorio di arresto il 19/01 e uno di avviamento il 07/02 riportati in

Tabella 13 -

Transitori	
dalle	alle
19/01/2018 – 00:00	07/02/2018 – 15:00

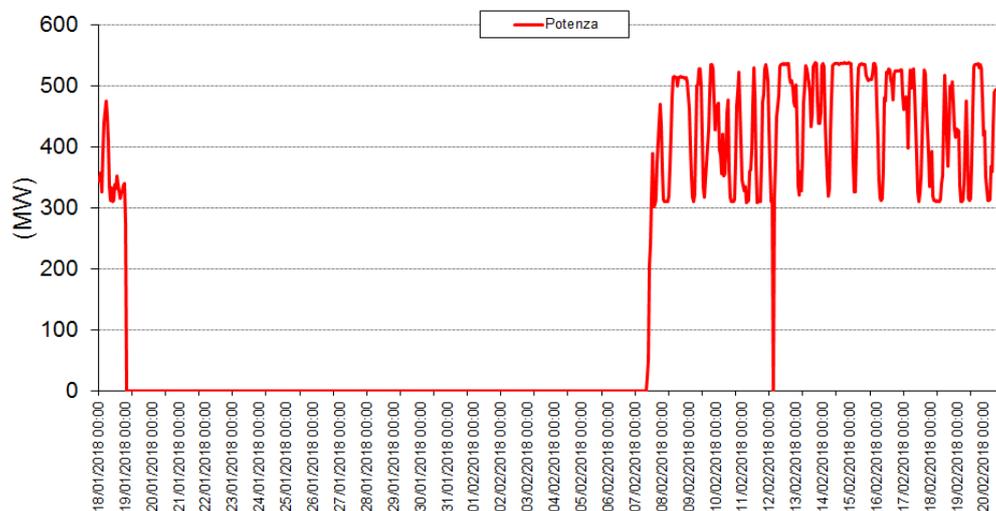
**Tabella 13 - Transitori campagna P18 18/1.**

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.

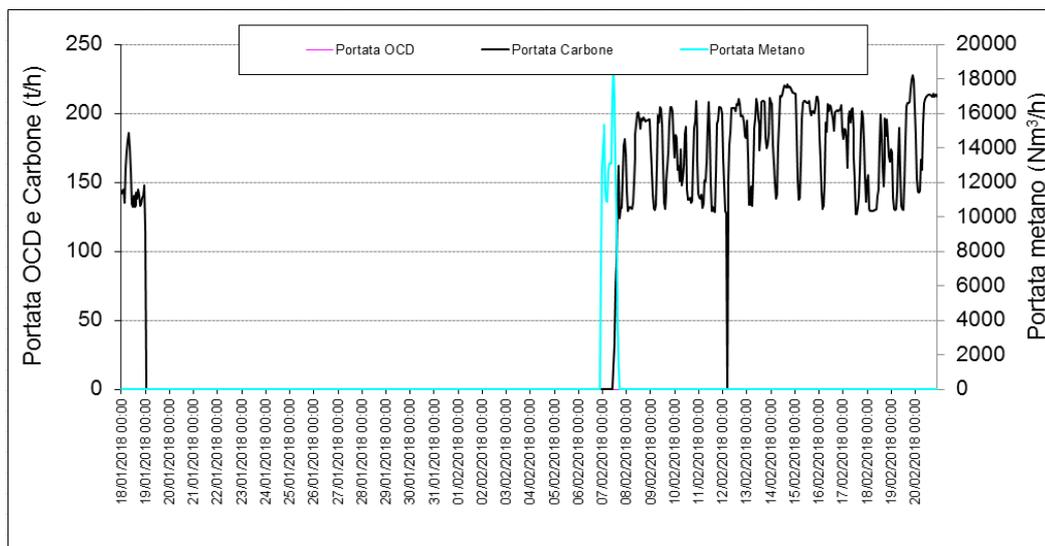
L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P18 18/1**, escludendo i valori registrati durante il periodo di fermata, sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro NO<sub>x</sub> è 125 mg/Nm<sup>3</sup>, del

parametro SO<sub>2</sub> è 127 mg/Nm<sup>3</sup>, del parametro polveri è 9 mg/Nm<sup>3</sup> e del parametro CO è 43 mg/Nm<sup>3</sup>.

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



**Figura 32 - Potenza generata dalla CTE durante la campagna P18 18/1.**



**Figura 33 - Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P18 18/1.**

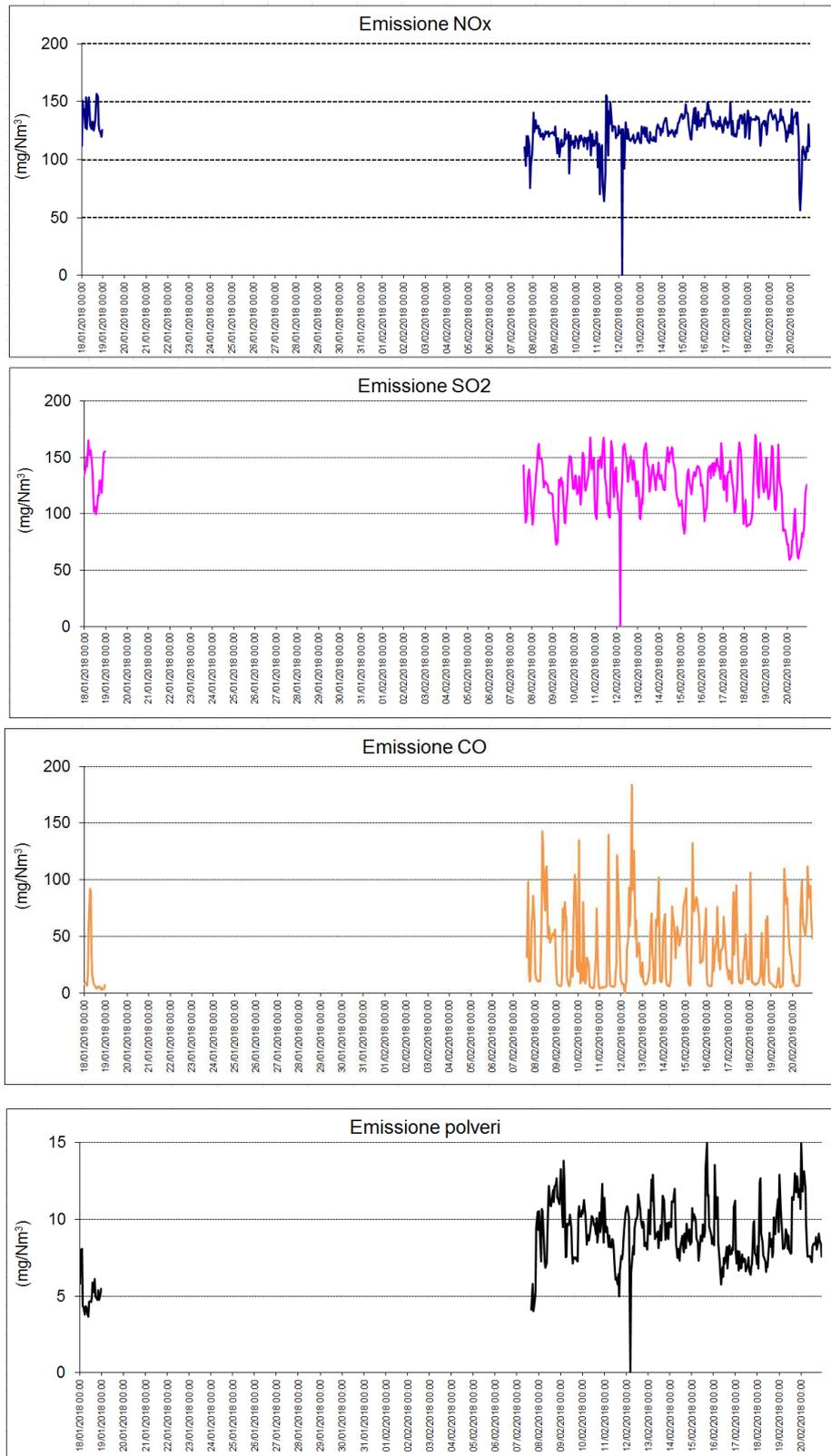
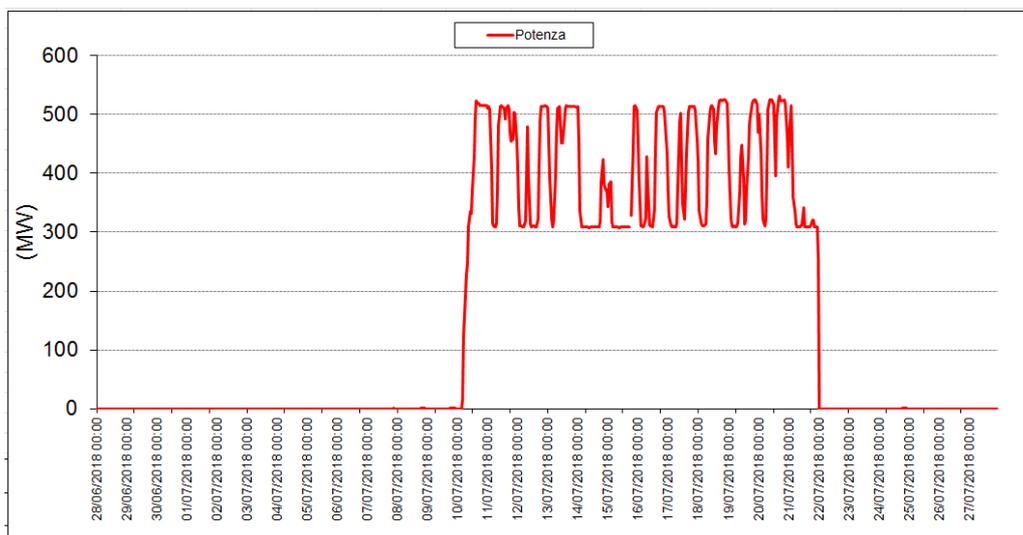


Figura 34 - Emissione di inquinanti dalla CTE nella campagna P18 18/1.

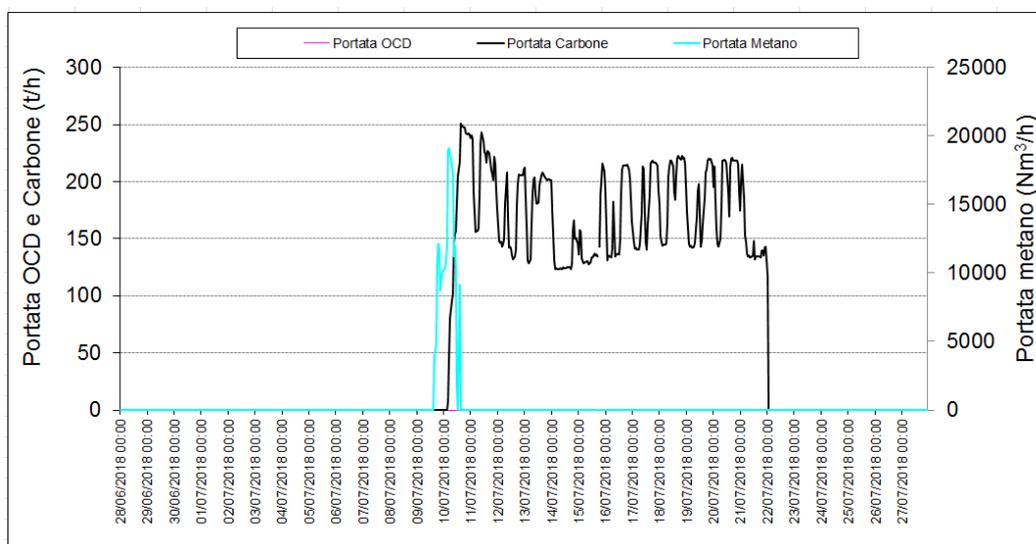
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P18 18/2** sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro  $\text{NO}_x$  è  $132 \text{ mg/Nm}^3$ , del parametro  $\text{SO}_2$  è  $130 \text{ mg/Nm}^3$ , del parametro polveri è  $2 \text{ mg/Nm}^3$  e del parametro  $\text{CO}$  è  $44 \text{ mg/Nm}^3$ .

Si riportano di seguito gli andamenti dei parametri caratteristici monitorati:



**Figura 35 - Potenza generata dalla CTE durante la campagna P18 18/2.**



**Figura 36 - Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P18 18/2.**

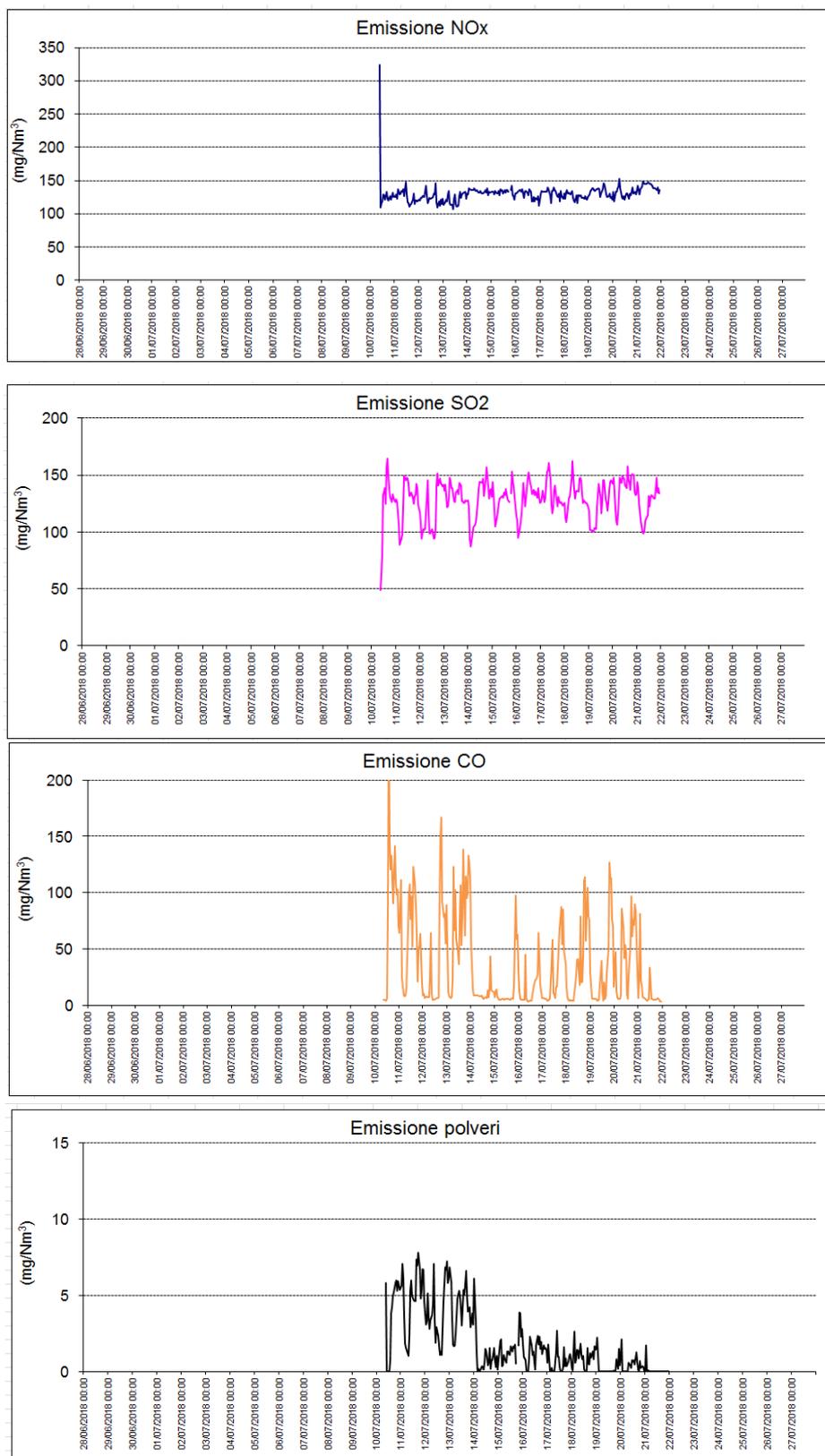


Figura 37- Emissioni di inquinanti dalla CTE nella campagna P18 18/2.

**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



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 <sub>2</sub> [t]	NOx [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	392	27,49	73,85	71,59	5,05
Massiche in transitorio	-	0,19	0,22	0,40	0,03
Totale periodo	-	27,68	74,07	71,99	5,08

**Tabella 14 - Valori massici durante la campagna P18 18/1.**

	Ore	CO [t]	SO <sub>2</sub> [t]	NOx [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	344	22,33	64,11	64,05	1,03
Massiche in transitorio	-	0,56	0,58	4,53	0,01
Totale periodo	-	22,89	64,69	68,58	1,04

**Tabella 15- Valori massici durante la campagna P18 18/2.**

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 68% e del 69% per la campagna **P18 18/1** e **P18 18/2** 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 2018).

Come evidenziato nella tabella che segue, l'impianto nel corso dell'anno 2018 ha subito diversi periodi di fermata quantificabili in circa il 46% del periodo di riferimento (167 giorni di non funzionamento e 198 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
01/01/2018 00:00	09/01/2018 16:00
09/01/2018 16:00	18/01/2018 23:00
07/02/2018 14:00	06/03/2018 20:00
10/03/2018 08:00	12/03/2018 00:00
12/03/2018 09:00	23/03/2018 00:58
26/03/2018 15:58	29/03/2018 06:00
22/05/2018 00:00	25/05/2018 23:00
18/06/2018 00:00	23/06/2018 02:00
10/07/2018 08:00	21/07/2018 22:00
30/07/2018 08:00	12/10/2018 12:00
22/10/2018 23:00	24/10/2018 15:00
02/11/2018 09:00	22/12/2018 00:00
31/12/2018 23:00	31/12/2018 23:00

**Tabella 16 – Periodo di esercizio del gruppo SP3 nell'anno 2018.**

Pertanto, ne deriva che il gruppo SP3 durante la campagna **P14 18/1** ha registrato un periodo di esercizio (con potenza maggiore di 280 MW) inferiore di circa il 7% rispetto a quella di tutto l'anno 2018, mentre durante la campagna **P18 18/2** inferiore di circa il 12%.

Il Gestore ha inoltre fornito il rapporto annuale relativo all'anno 2018 dal quale si evince che il gruppo SP3 ha emesso un quantitativo di massiche di polveri pari a 20,4 t relative ai 198 giorni di funzionamento.

Dall'elaborazione di tale parametro per ogni campagna di campionamento (vedi Tabella 14 ÷ Tabella 19 - Classi di Polverosità in funzione del tasso di deposizione <sup>7</sup>Tabella 19**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), le massiche di polvere, rispetto a quelle mediamente emesse dal gruppo SP3 durante l'anno 2018, sono risultate:

- superiori del 201% nella **P18 18/1**;
- inferiori del 30% nella **P18 18/2**.

## 5 RISULTATI DELLE CARATTERIZZAZIONI DELLE DEPOSIZIONI

Le campagne del 2018, entrambe con la centrale operativa e con scarico da parte di navi carboniere in Banchina, sono state suddivise in due periodi di monitoraggio, di circa un mese ciascuno:

- Campagna invernale, indicata nel seguito come **P18 18/1**: dal 18/01 al 22/02,
- Campagna estiva, indicata nel seguito come **P18 18/2**: dal 28/06 al 01/08.

Di seguito sono riportati i risultati delle determinazioni di polveri sedimentabili e metalli nelle deposizioni atmosferiche dei due periodi di monitoraggio.

### 5.1 Ratei polveri sedimentabili e entità precipitazioni

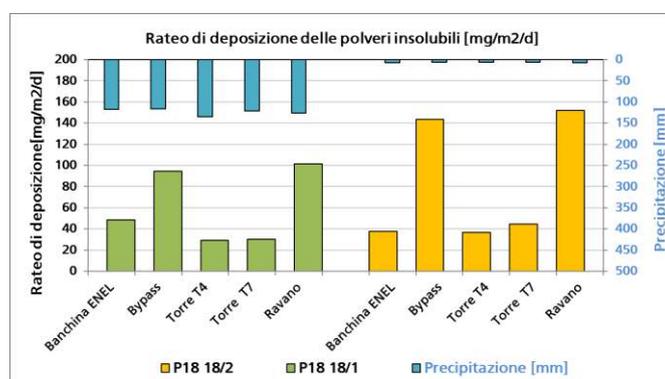
La tabella seguente riassume i ratei di deposizione delle polveri sedimentabili insolubili in acqua, espresse in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ , e le precipitazioni raccolte, espresse in mm, determinate tramite i deposimetri.

Postazione	Sigla	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Rateo deposizione insolubile [ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	Precipitazione raccolta [mm]
<b>Campagna invernale P18 18/1 (Centrale in esercizio – scarico del carbone)</b>						
Banchina ENEL	BE	18/01/2018	22/02/2018	35	49	117
Bypass	BY	18/01/2018	22/02/2018	35	94	117
Torre T4	T4	18/01/2018	22/02/2018	35	29	135
Torre T7	T7	18/01/2018	22/02/2018	35	30	121
Ravano	RA	18/01/2018	22/02/2018	35	102	127
<b>Campagna estiva P18 18/2 (Centrale in esercizio – scarico del carbone)</b>						
Banchina ENEL	BE	26/06/2018	02/08/2018	34	37	8
Bypass	BY	26/06/2018	02/08/2018	34	144	7
Torre T4	T4	26/06/2018	02/08/2018	34	37	6
Torre T7	T7	26/06/2018	02/08/2018	34	44	6
Ravano	RA	26/06/2018	02/08/2018	34	152	7

**Tabella 17 – Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili e entità precipitazioni.**

Nella campagna estiva (**P18 18/2**) si sono avute scarse precipitazioni, mentre in quella invernale (**P18 18/1**) le precipitazioni sono state abbondanti, comunque in linea con la climatologia tipica di entrambi i periodi.

I ratei di deposizione delle polveri insolubili sono confrontati nella figura seguente e sono anche riportate le precipitazioni rilevate in ciascuna postazione:



**Figura 38 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili.**

In tutte le postazioni, ad eccezione di Banchina, le deposizioni di polveri sono state superiori durante la campagna estiva **P18 18/2** rispetto a quella invernale, con molta evidenza nelle postazioni di Bypass e Ravano, meno in quelle di T4 e T7. Le massime deposizioni relative di polveri si sono sempre avute a Ravano, confrontabili con quelle rilevate a Bypass, mentre le altre postazioni hanno evidenziato valori di gran lunga inferiori. Il contesto delle deposizioni rimane comunque quantitativamente modesto (vedi paragrafo successivo), e, a parte la postazione di Ravano in entrambe le campagne e di Bypass durante la campagna **P18 18/2**, tutte le altre deposizioni non eccedono i 100 mg/m<sup>2</sup>/d. Escludendo entrambe queste postazioni le deposizioni sono state sempre inferiori ai 50 mg/m<sup>2</sup>/d.

### 5.1.1 Valutazione della entità della polverosità

I valori delle deposizioni di polveri riscontrati nell'area in esame nelle due campagne del 2018 sono rimasti compresi in un intervallo da 29 a 152 mg/m<sup>2</sup>/d. Sebbene i ratei misurati nel 2018 siano riferibili a pochi mesi, sono comunque indicativi di una modesta polverosità, come già rilevato nei precedenti monitoraggi (v. cap.7). L'intervallo di deposizioni riscontrato è infatti largamente inferiore al valore limite annuale adottato in Germania, pari a 350 mg/m<sup>2</sup>/d e tutti i valori si collocano anche al di sotto dei valori di riferimento più restrittivi adottati da alcune nazioni europee, che sono riportati di seguito:

Stato	Rateo deposizione [mg/m <sup>2</sup> /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 <sup>2</sup> /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 18 - Valori di riferimento europei per la deposizione annuali di polveri <sup>7</sup>.**

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 tasso di deposizione gravimetrico:

<sup>7</sup> 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](http://ita.arpalombardia.it/ITA/area_download/index)

Classe di polverosità	Polvere totale sedimentabile (mg/m <sup>2</sup> /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 19 - Classi di Polverosità in funzione del tasso di deposizione <sup>1</sup>.**

Come già sopra introdotto, nella totalità dei casi non si sono superati i 250 mg/m<sup>2</sup>/d di polveri depositate e in pochi casi si sono avute deposizioni tra 100 e 250 mg/m<sup>2</sup>/d. Quindi, secondo gli indici di polverosità della Tabella 19, una valutazione conservativa della polverosità rilevata a Ravano e Bypass fa propendere per un indice di “bassa” polverosità, mentre per le altre postazioni la polverosità è da considerarsi “praticamente assente”.

## 5.2 Metalli nelle deposizioni di polveri

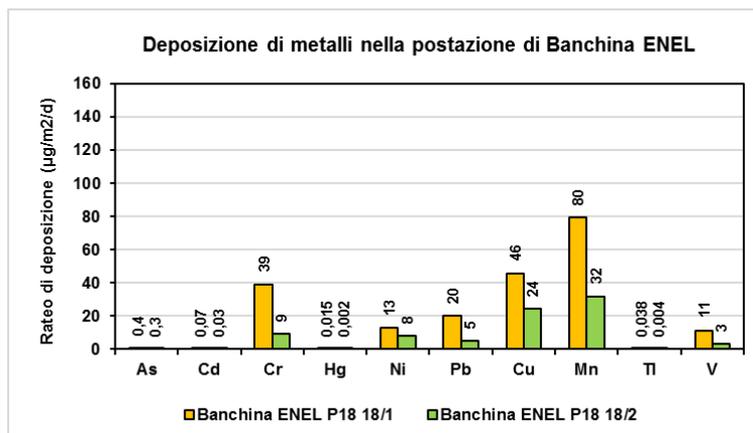
### 5.2.1 Ratei di deposizione dei metalli

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione dei metalli determinati in accordo con quanto previsto dalla prescrizione 18. Tutti i ratei di deposizione sono espressi in µg/m<sup>2</sup>/d:

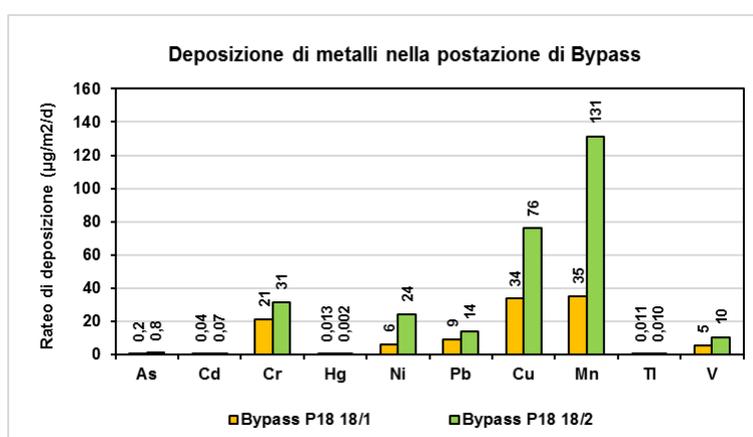
Postazione	Campagna	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Mn	Tl	V
Banchina ENEL	P18 18/1	0,4	0,07	39	0,015	13	20	46	80	0,04	11
Bypass	P18 18/1	0,2	0,04	21	0,013	6	9	34	35	0,01	5
Torre T4	P18 18/1	0,2	0,02	11	0,002	2	6	14	16	0,004	4
Torre T7	P18 18/1	0,2	0,05	13	0,002	4	5	10	24	0,05	6
Ravano	P18 18/1	0,6	0,09	34	0,015	13	17	26	87	0,02	12
Banchina ENEL	P18 18/2	0,3	0,03	9	0,002	8	5	24	32	0,004	3
Bypass	P18 18/2	0,8	0,07	31	0,002	24	14	76	131	0,01	10
Torre T4	P18 18/2	0,3	0,02	8	0,002	5	5	18	35	0,004	4
Torre T7	P18 18/2	0,4	0,02	5	0,002	4	2	8	19	0,004	3
Ravano	P18 18/2	0,8	0,07	20	0,002	17	8	22	106	0,02	9

**Tabella 20 - Ratei di deposizione di metalli nelle campagne. Valori in µg/m<sup>2</sup>/d.**

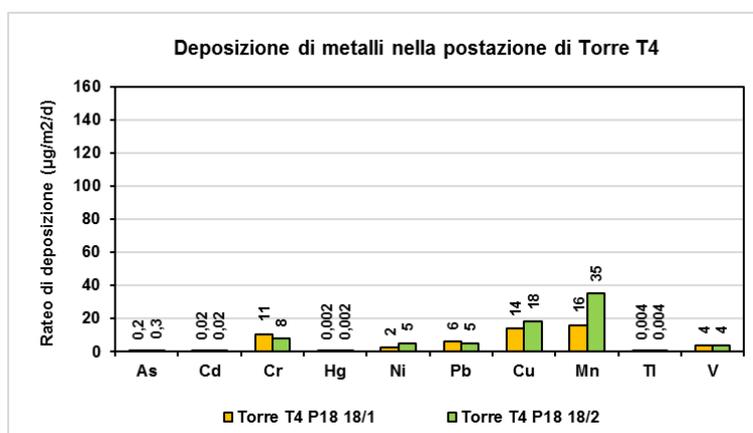
Come visto in precedenza, in tutte le postazioni, ad eccezione di Banchina, si sono avute maggiori deposizioni di polveri nella campagna estiva **P18 18/2** rispetto a quella invernale **P18 18/1**, ma non si riscontra un andamento simile e univoco per i metalli. Infatti, a Banchina ENEL, le deposizioni di tutti i metalli sono state maggiori nella campagna invernale, in accordo con le lievi maggiori deposizioni di polveri, ed il contrario è avvenuto nella postazione di Bypass. Ad eccezione di Ravano che sembra avere deposizioni meno variabili, nelle altre postazioni, la variabilità è stata maggiore e non è individuabile una univocità di comportamento, come risulta anche dall'esame delle figure seguenti che riportano i ratei delle deposizioni dei metalli in ciascuna postazione:



**Figura 39 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Banchina Enel.**



**Figura 40- Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Bypass.**



**Figura 41 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Torre T4.**

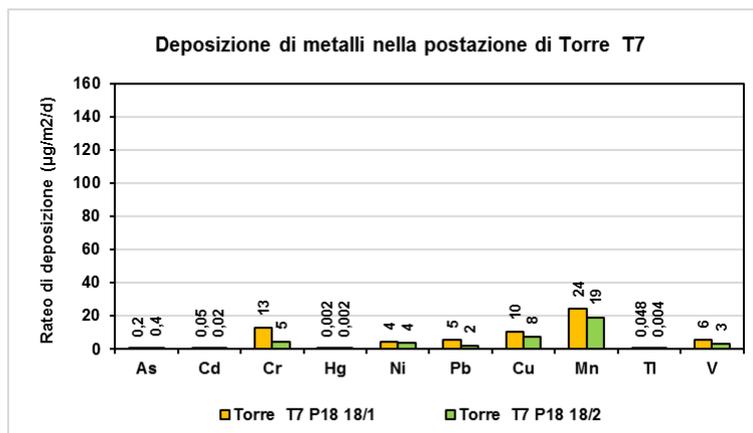


Figura 42 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Torre T7.

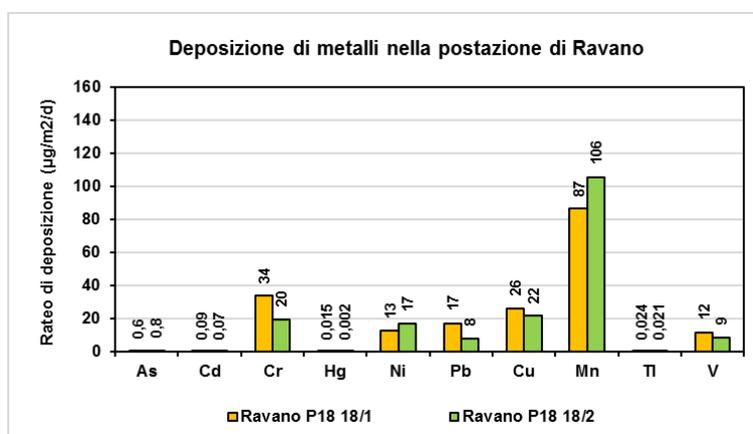
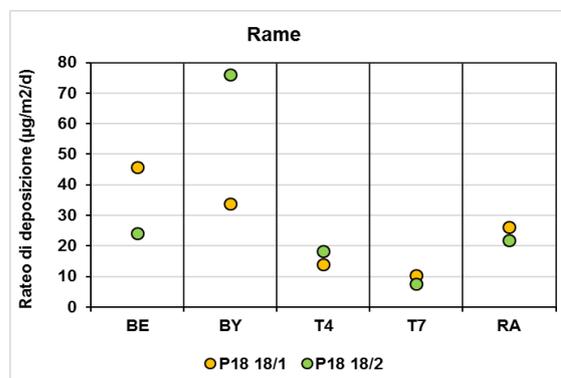
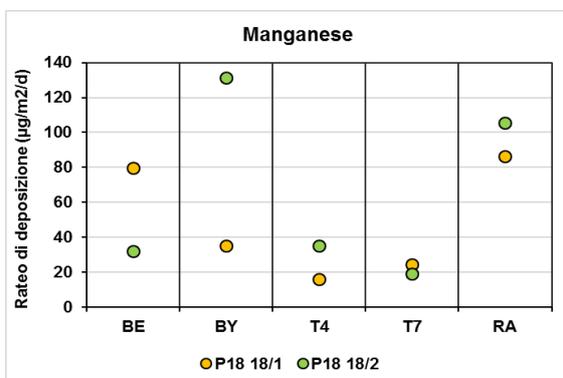


Figura 43- Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Ravano.

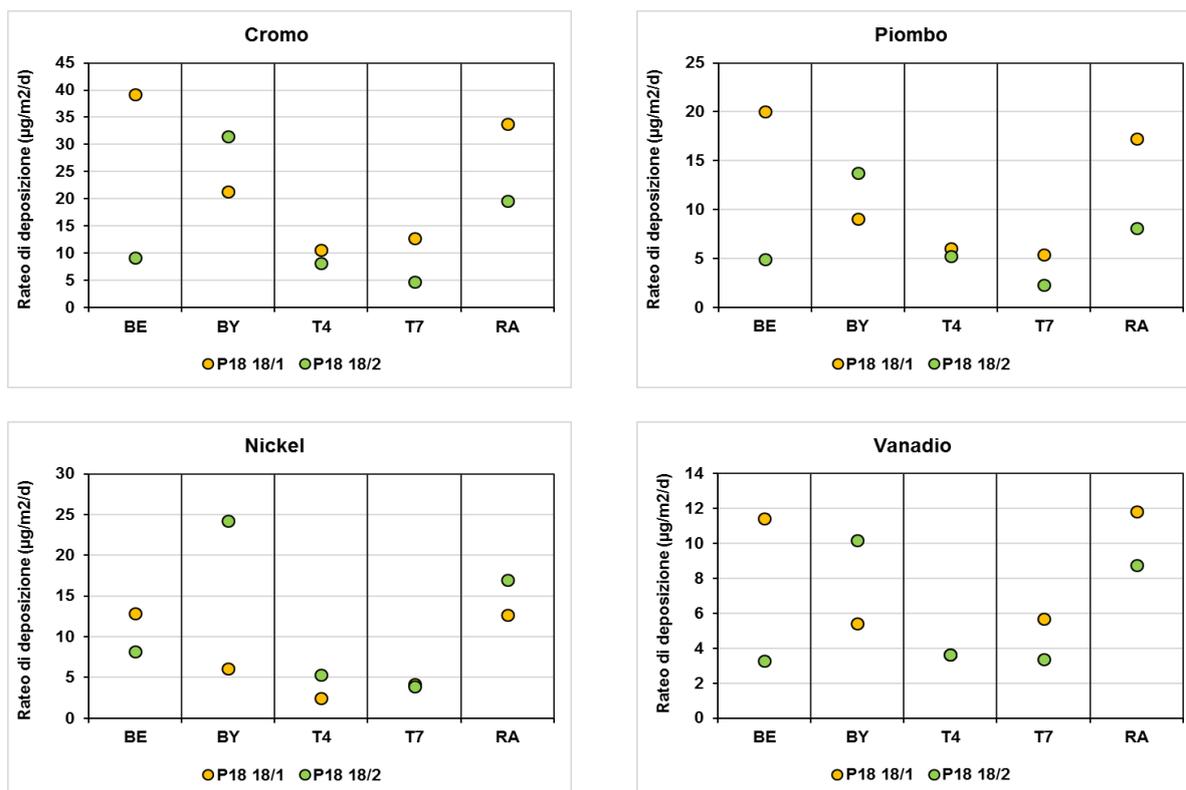
Nelle figure che seguono, i ratei di deposizione dei metalli **maggioritari** (Mn, Cu, Cr, Pb, Ni e V) nelle due campagne del 2018 sono ordinati lungo l'asse di movimentazione del carbone, partendo dal punto di scarico di Banchina Enel (BE) per proseguire verso la postazione di Bypass (BY), Torre T4 (T4) e infine Torre T7 (T7). La postazione di Ravano (RA), più lontana dall'asse di movimentazione del carbone, è stata collocata in fondo alle figure.



**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





**Figura 44 - Ratei di deposizione dei metalli maggioritari nelle postazioni ordinati lungo l'asse di movimentazione del carbone. Per le abbreviazioni delle postazioni si veda Tabella 17.**

L'andamento generale è quello di una diminuzione delle deposizioni di metalli allontanandosi dalla linea di costa (postazione di Bypass) in direzione di Torre T7, come già rilevato nelle precedenti campagne. La postazione di Banchina Enel (BE nelle figure) ha avuto deposizioni di metalli intermedie tra quelle di Bypass e Torre T4. Le deposizioni della postazione di Ravano sono risultate paragonabili se non anche molto maggiori a quelle di Bypass e, in alcuni casi, anche a quelle di Banchina ENEL. Si conferma quindi che le postazioni che gravitano in prossimità dell'area di costa hanno deposizioni simili e più influenzate dalla viabilità e dalle emissioni navali che dalla movimentazione di carbone. Infatti, l'andamento delle deposizioni di rame riflette quasi sicuramente le influenze dovute alle emissioni dagli organi meccanici dei veicoli a motore, decrescendo dalla postazione di Bypass a quella di T7. Un andamento simile si riscontra per il vanadio, tipico metallo presente nelle emissioni navali, a sottolineare anche per questi monitoraggi, l'influenza del porto commerciale. Le deposizioni di nickel hanno avuto un andamento simile a quello del vanadio, mostrando per la sola postazione di Bypass, nella campagna estiva la deposizione di gran lunga più elevata, in linea con i valori di tutti gli altri metalli.

L'andamento spaziale delle deposizioni dei metalli **minoritari** (As, Cd, Tl e Hg) è presentato nelle figure che seguono:

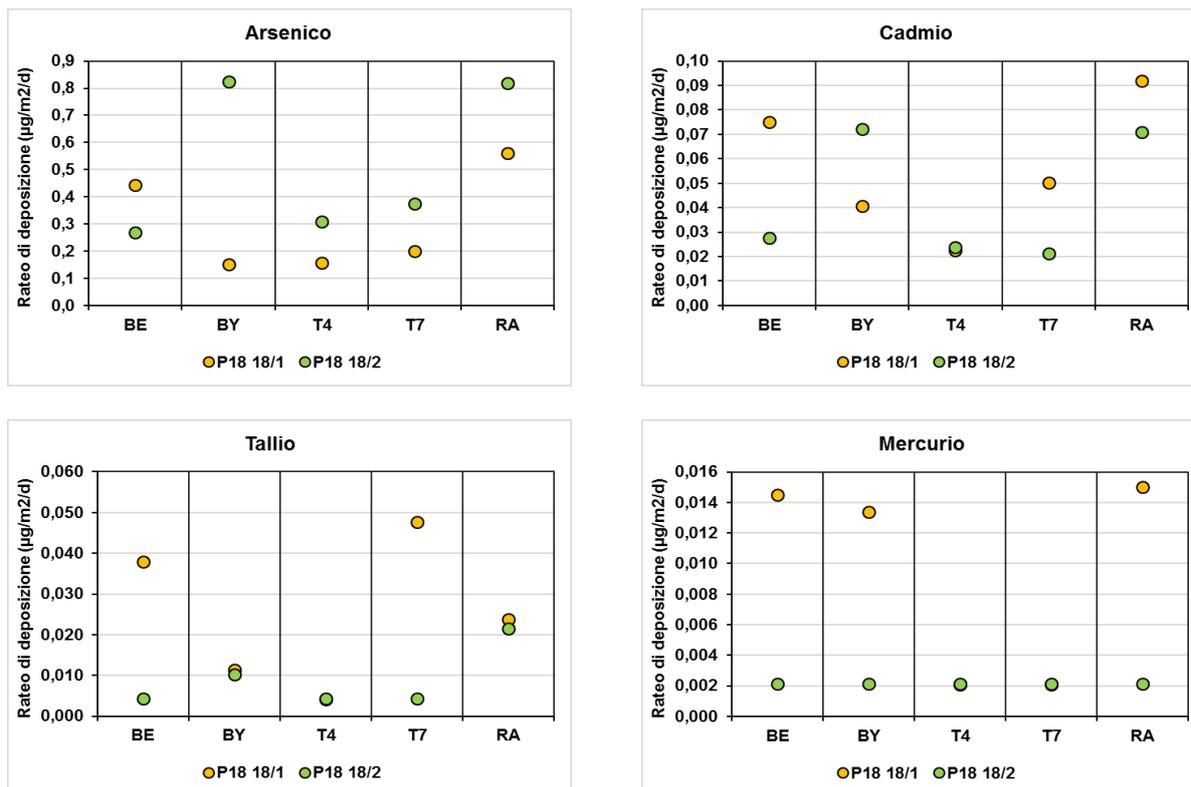


Figura 45- Ratei di deposizione dei metalli minoritari nelle postazioni ordinati lungo l'asse di movimentazione del carbone, escluso Ravano (RA). Per le abbreviazioni delle postazioni si veda Tabella 17.

Data l'esiguità della entità delle deposizioni di As, Tl e Hg i ratei risultano in realtà confrontabili in tutte le postazioni e in tutte le campagne.

Nel paragrafo che segue è riportato un confronto con valori di riferimento europei per As, Cd e Ni.

### 5.2.1.1 Confronto rateo deposizioni di metalli con valori di riferimento

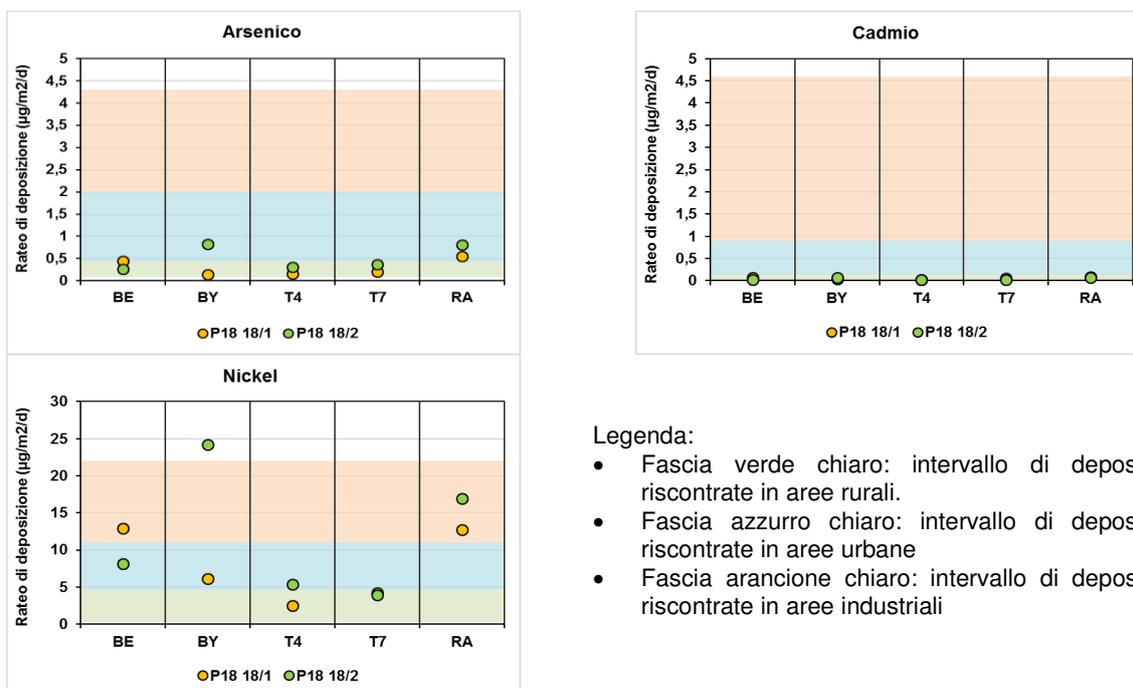
Le deposizioni di As, Cd, e Ni alla Spezia si possono confrontare con gli intervalli riscontrabili in differenti aree (rurali, urbane e industriali) di nazioni europee, riportati nella tabella che segue, tratta dal documento "European Commission, 2001. Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds. Position paper":

Metallo	Aree rurali	Aree urbane	Aree industriali
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0,082 – 0,43	0,22 – 3,4	2,0 – 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 21 - Ratei di deposizioni di As, Cd e Ni in aree europee omogenee per tipologia.

Per questo scopo, i grafici di seguito riportano i ratei di deposizione di As, Cd, e Ni rilevati nelle campagne nelle postazioni di monitoraggio.

Nelle figure, la banda in verde chiaro indica l'intervallo di deposizione delle aree rurali, quella in azzurro indica l'intervallo delle aree urbane e quella in arancione chiaro l'intervallo per le aree industriali.



Legenda:

- Fascia verde chiaro: intervallo di deposizioni riscontrate in aree rurali.
- Fascia azzurro chiaro: intervallo di deposizioni riscontrate in aree urbane
- Fascia arancione chiaro: intervallo di deposizioni riscontrate in aree industriali

Figura 46 – Ratei di deposizione di As, Cd e Ni alla Spezia, confrontati con gli intervalli riscontrabili in aree rurali ed urbane europee.

I ratei di deposizione di **As** e **Cd** riscontrati alla Spezia non hanno mai ecceduto quelli tipici delle aree urbane. Per quanto riguarda le deposizioni di **Ni**, i ratei sono rimasti normalmente compresi in quelli tipici delle aree rurali e urbane nelle postazioni di T4 e T7 e in quelli delle aree urbane e industriali nelle postazioni vicino alla costa, confermando la peculiarità della zona di Fossamastra, avvalorata dal rateo elevato di Ni della campagna **P18 18/2** di Bypass, che presenta un valore addirittura superiore a quello riferibile alle aree industriali.

**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

Per valutare l'entità dei ratei di deposizione della Spezia, la tabella seguente riporta i valori guida di alcuni metalli nelle deposizioni atmosferiche adottati da altre nazioni europee, da intendersi come medie annuali:

Nazione	As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]
Germania	4	2	15	100	1	2
Svizzera	-	2	-	100	-	2
Croazia	4	2	15	100	-	2
Austria	-	2	-	100	-	-
Belgio	-	2	-	250	-	-

Tabella 22 - Valori guida europei di alcuni metalli nelle deposizioni atmosferiche<sup>8</sup>.

Prendendo come riferimento i valori guida della Germania (in quanto comprendono molti dei metalli analizzati nelle deposizioni di Spezia) e considerando ai fini di confronto il **valore massimo** delle deposizioni rilevato nelle differenti postazioni (v. successiva Tabella 23), si può osservare che i ratei riscontrati alla Spezia sono inferiori di circa 5-10 volte per quanto riguarda l'As; 20-100 volte per il Cd; 5-20 volte per il Pb, 50-500 volte per il Hg e 40-500 volte per il Tl, rispetto a quelli della Germania.

Postazione	As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]
Banchina Enel	0,4	0,07	13	20	0,015	0,04
Bypass	0,8	0,07	24	14	0,013	0,01
Torre T4	0,3	0,02	5	6	0,002	0,004
Torre T7	0,4	0,05	4	5	0,002	0,05
Ravano	0,8	0,09	17	17	0,015	0,02
<i>Germania</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>15</i>	<i>100</i>	<i>1</i>	<i>2</i>

Tabella 23 - Valori massimi delle deposizioni di alcuni metalli nelle campagne di monitoraggio del 2018.

Per quanto riguarda il Ni, risulta che i valori massimi riscontrati superano il valore guida tedesco per le postazioni di Bypass e di poco a Ravano. Va però ricordato che i valori guida si riferiscono a medie annuali mentre i valori riportati in Tabella 23 si riferiscono alla massima deposizione riscontrata nelle campagne. Se si considerano i valori medi delle campagne **P18 18/1** e **18/2** si ottiene per **Bypass e Ravano** una deposizione media di  $15 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ , in linea con i valori guida tedeschi.

<sup>8</sup> 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](http://ita.arpalombardia.it/ITA/area_download/index)

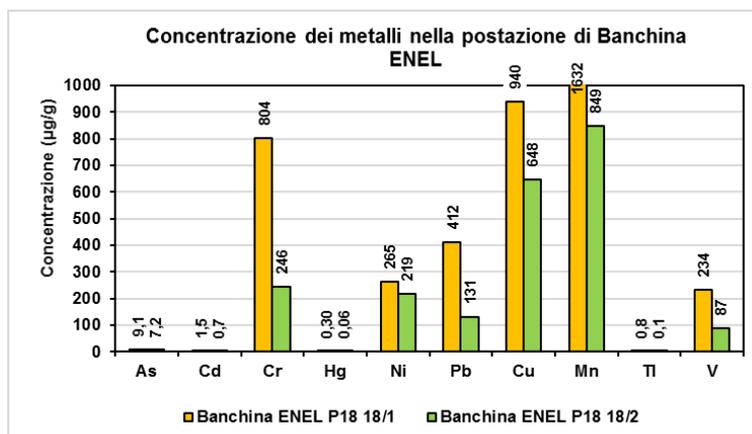
### 5.2.2 Concentrazioni dei metalli nelle polveri depositate

Per valutare le possibili variazioni intervenute nella composizione delle deposizioni durante le due campagne di monitoraggio, si è proceduto al calcolo delle **concentrazioni** dei metalli nelle polveri depositate. I valori sono espressi in  $\mu\text{g/g}$ .

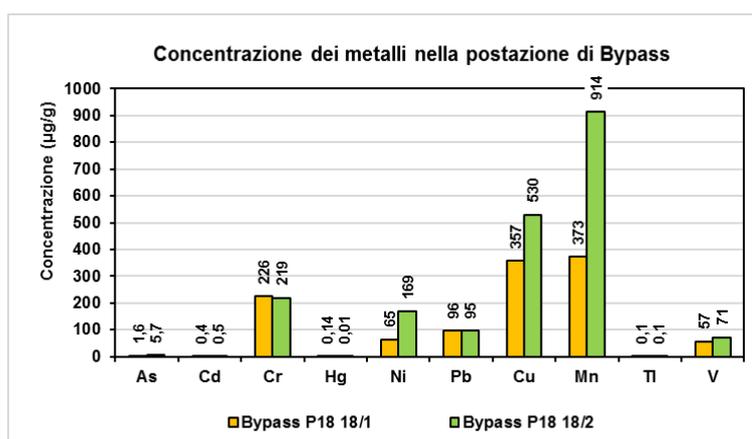
Postazione	Campagna	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Mn	Tl	V
Banchina ENEL	P18 18/1	9,1	1,5	804	0,30	265	412	940	1632	0,8	234
Bypass	P18 18/1	1,6	0,4	226	0,14	65	96	357	373	0,1	57
Torre T4	P18 18/1	5,4	0,8	363	0,07	85	208	476	557	0,1	126
Torre T7	P18 18/1	6,6	1,7	422	0,07	139	180	347	812	1,6	188
Ravano	P18 18/1	5,5	0,9	332	0,15	125	170	258	851	0,2	116
Banchina ENEL	P18 18/2	7,2	0,7	246	0,06	219	131	648	849	0,1	87
Bypass	P18 18/2	5,7	0,5	219	0,01	169	95	530	914	0,1	71
Torre T4	P18 18/2	8,3	0,6	220	0,06	144	143	495	949	0,1	99
Torre T7	P18 18/2	8,4	0,5	105	0,05	88	52	172	430	0,1	76
Ravano	P18 18/2	5,4	0,5	129	0,01	112	53	143	695	0,1	58

**Tabella 24 – Concentrazioni dei metalli nelle polveri depositate. Valori in  $\mu\text{g/g}$ .**

Di seguito, le concentrazioni dei metalli nelle deposizioni raccolte nelle cinque postazioni nel corso delle campagne sono confrontate graficamente mediante istogrammi. Sopra le barre è indicato il valore della concentrazione di metalli riscontrata.



**Figura 47 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni di Banchina Enel.**



**Figura 48 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Bypass.**

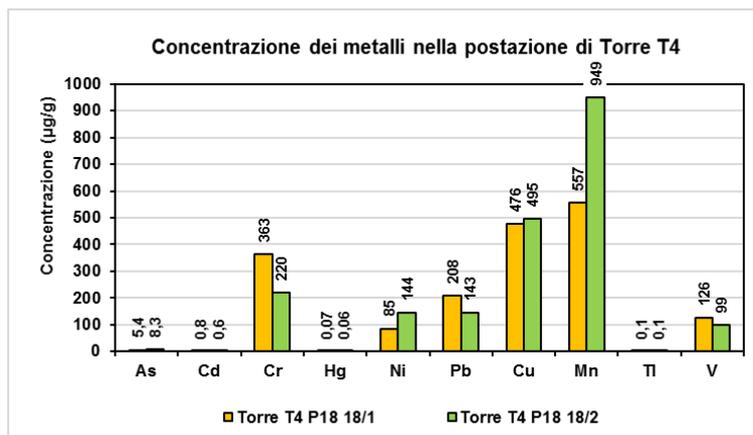


Figura 49 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Torre T4.

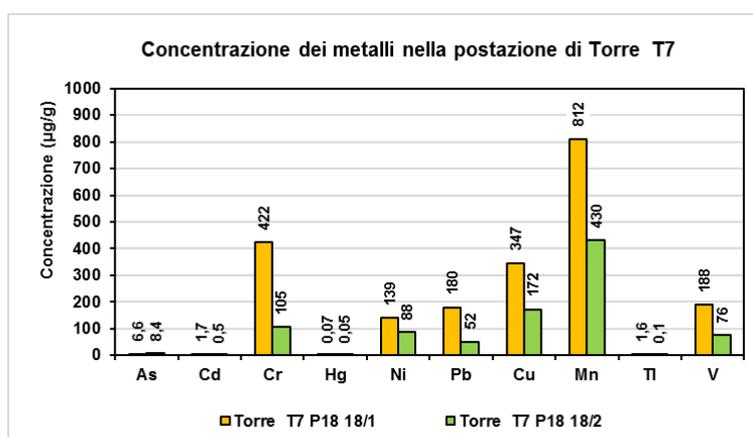


Figura 50 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Torre T7.

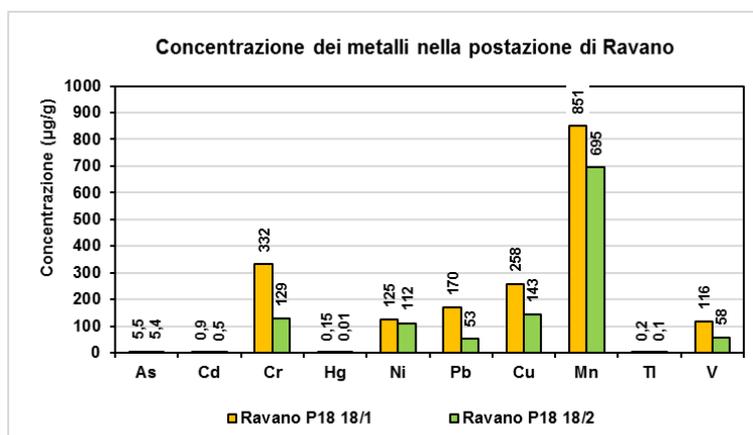


Figura 51 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Ravano.

Le due campagne si distinguono per i valori in assoluto più elevati di concentrazione per tutti i metalli nelle polveri di Banchina nella campagna **P18 18/1**; nel corso della campagna **P18 18/2** si sono registrate concentrazioni inferiori rispetto a quanto rilevato nella invernale in Banchina, con i valori più elevati di Cr, Hg, Ni e Cu sempre in Banchina e per quasi tutti gli altri metalli a Torre T4.

### 5.3 Contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC)

Nelle deposizioni raccolte durante i monitoraggi della Prescrizione 18 è stata condotta la determinazione del contenuto di carbonio totale (TC), diviso in carbonio elementare (EC) ed organico (OC) [Poschl and Shirawa, 2015] usato generalmente per identificare la componente carboniosa dell'aerosol.

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].

Le misure di EC ed OC sono molto diffuse nel particolato urbano aero disperso specie nelle frazioni più fini. L'applicazione di questa determinazione alle deposizioni è molto meno frequente e non si hanno valori di riferimento caratteristici per differenti contesti (urbano, rurale, ecc.). In questo senso, le misure di EC e OC non possono essere comparate con quelle del particolato in aria riportate in letteratura, ma possono dare indicazioni sulle differenti caratteristiche del particolato sedimentabile, di granulometria grossolana rispetto a quello aero disperso, e la loro variabilità nel tempo.

In particolare, nel presente lavoro, le misure delle differenti forme del carbonio sono state valutate come potenziale indicatore della componente carboniosa nelle deposizioni, in aggiunta alle riconosciute sorgenti sopra esposte.

Nella tabella che segue sono riportati i valori di deposizione di polveri, carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC), quest'ultimo dato dalla somma di OC ed EC. Tutti i valori sono espressi in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ .

Postazione	Campagna	Polveri	OC	EC	TC
Banchina ENEL	P18 18/1	49	2,9	2,7	5,6
Bypass	P18 18/1	94	2,8	1,1	3,9
Torre T4	P18 18/1	29	3,5	1,3	4,8
Torre T7	P18 18/1	30	4,9	1,3	6,2
Ravano	P18 18/1	102	3,7	1,6	5,3
Banchina ENEL	P18 18/2	37	2,7	1,6	4,3
Bypass	P18 18/2	144	10,7	5,5	16,3
Torre T4	P18 18/2	37	2,3	0,6	2,9
Torre T7	P18 18/2	44	2,3	2,9	5,2
Ravano	P18 18/2	152	13,5	6,4	20,0

**Tabella 25 - Deposizione di polveri, carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC). Valori in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ .**

Di seguito sono confrontati gli andamenti di OC e di EC durante le campagne:

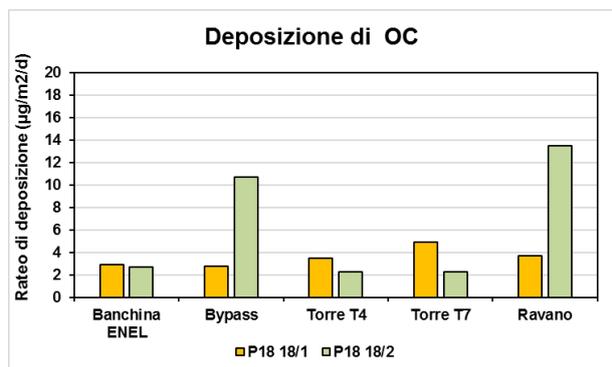


Figura 52 - Andamento delle deposizioni di OC nelle campagne P18 18/1 e 18/2.

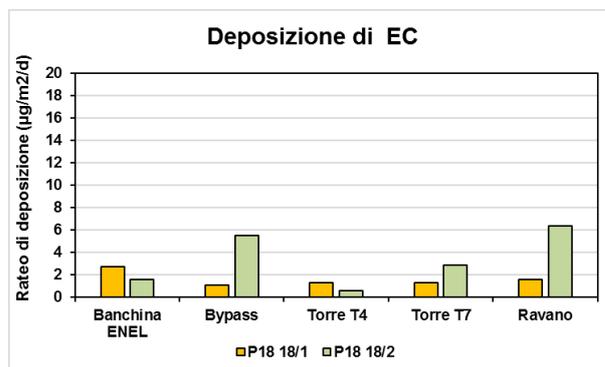


Figura 53 - Andamento delle deposizioni di EC nelle campagne P18 18/1 e 18/2.

Tra la campagna invernale e quella estiva, le deposizioni di carbonio organico OC e di carbonio elementare EC sono aumentate a Bypass e Ravano e, limitatamente all'EC anche a Torre T7, in linea dunque con le deposizioni di polveri.

Nella tabella seguente sono riportati i valori del rapporto OC/EC nelle deposizioni delle cinque postazioni per le campagne di monitoraggio:

Postazione	Campagna	OC/EC
Banchina Enel	P18 18/1	1,07
	P18 18/2	1,69
Bypass	P18 18/1	2,55
	P18 18/2	1,95
Torre T4	P18 18/1	2,69
	P18 18/2	3,83
Torre T7	P18 18/1	3,77
	P18 18/2	0,79
Ravano	P18 18/1	2,31
	P18 18/2	2,11

Tabella 26 - Valori del rapporto OC/EC nelle deposizioni.

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

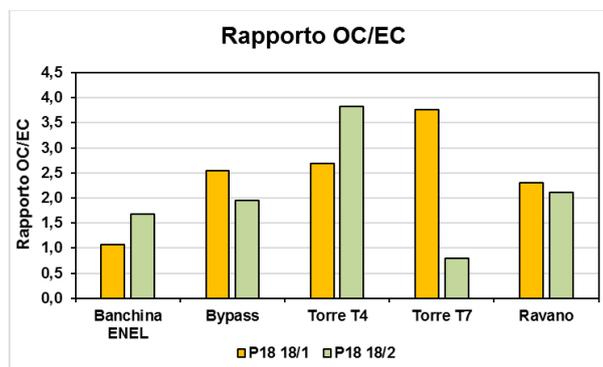


Figura 54 - Andamento del rapporto OC/EC nelle deposizioni.

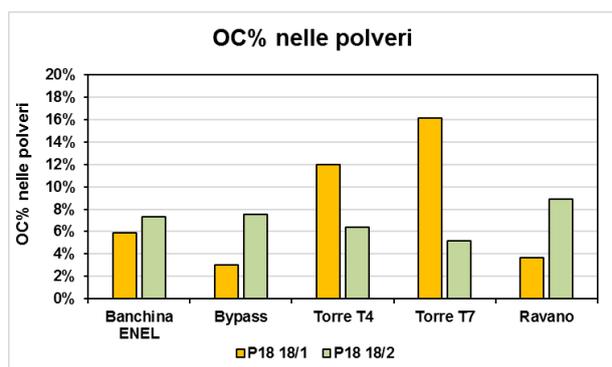
Tra la campagna **P18 18/1** invernale e quella estiva **P18 18/2** i rapporti OC/EC sono risultati abbastanza simili, eccetto che a Torre T7 dove il rapporto è drasticamente diminuito nella campagna estiva.

Se si considerano i dati di OC e EC in termini del loro contenuto % nelle polveri, si ottengono i valori riportati nella tabella che segue:

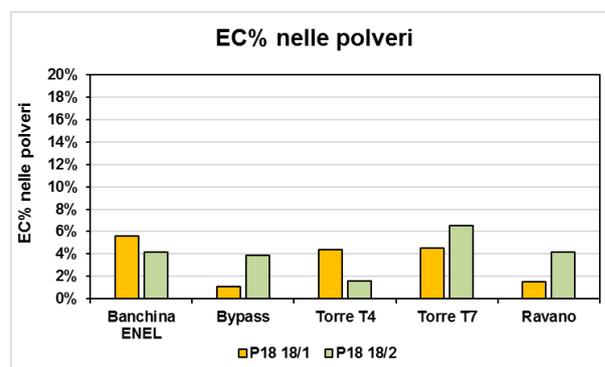
Postazione	Campagna	Polveri	OC%	EC%	TC%
Banchina ENEL	P18 18/1	49	5,9	5,6	11,5
	P18 18/2	37	7,3	4,2	11,5
Bypass	P18 18/1	94	3,0	1,1	4,1
	P18 18/2	144	7,5	3,9	11,3
Torre T4	P18 18/1	29	12,0	4,4	16,4
	P18 18/2	37	6,4	1,6	8,0
Torre T7	P18 18/1	30	16,1	4,5	20,6
	P18 18/2	44	5,2	6,5	11,7
Ravano	P18 18/1	102	3,7	1,5	5,2
	P18 18/2	152	8,9	4,2	13,1

**Tabella 27 – Contenuto % di OC, EC e TC nelle polveri depositate nelle due campagne.**

In termini di Carbonio Totale (TC) i valori sono rimasti compresi tra il 4 e il 21% nella campagna **P18 18/1** e tra l'8 ed il 13% nella campagna **P18 18/2**. Le figure seguenti confrontano le % di OC e EC riscontrate nelle polveri depositate nelle campagne:



**Figura 55 - Contenuto % di OC nelle polveri depositate nelle campagne**



**Figura 56 - Contenuto % di EC nelle polveri depositate nelle campagne**

Dalle figure si nota che il contenuto di OC e EC è pressoché equivalente nelle due campagne per quanto riguarda la postazione di Banchina ENEL. Il contenuto di OC è maggiore nelle polveri invernali di Torre T4 e Torre T7 e in quelle estive di Bypass e Ravano. Emerge quindi la complessità dell'andamento di OC ed EC in un ambiente influenzato da una pluralità di sorgenti di emissione che comprendono anche quelle biogeniche, responsabili in genere dell'incremento della concentrazione estiva di OC. Data la limitatezza del numero di campioni e la variabilità riscontrata nel 2018, non è possibile dedurre dalle misure di OC ed EC un andamento univoco e associabile alla movimentazione del carbone.

## 5.4 Caratterizzazione mediante SEM delle particelle depositate

Oltre alle caratterizzazioni prettamente chimiche, su porzioni dei filtri utilizzati per la filtrazione delle particelle insolubili sono state condotte indagini in microscopia elettronica a scansione (SEM) per valutare il tipo di particelle depositate e individuare la presenza di carbone incombusto attraverso le sue caratteristiche morfologiche e l'analisi spettrale con microsonda.

Ai campioni del 2018 è stata applicata la stessa modalità operativa in SEM usata in precedenza, che combina criteri di riconoscimento basati sulla morfologia delle particelle e conferme dallo spettro di microanalisi mediante sonda EDS. Un sunto della procedura e alcuni esempi di morfologia e spettri di microanalisi SEM di tipiche particelle sono riportati in Appendice 3. I risultati delle indagini al SEM sono riportati nella tabella che segue:

Postazione	Campagna P18 18/1	Campagna P18 18/2
Banchina ENEL	4,9	5,9
Bypass	< 0,1	< 0,1
Torre T4	1,5	0,2
Torre T7	1,4	11,4
Ravano	< 0,1	< 0,1

**Tabella 28 - Percentuale stimata di particelle di carbone superficiali nei campioni di deposizione.**

I risultati indicano che le quantità più significative di carbone si riscontrano nella campagna **P18 18/1** in Banchina ENEL e nella campagna **P18 18/2** in Torre T7, dove si è avuto il valore più elevato, con circa l'11% di particelle superficiali conteggiate.

Va ricordato che la significatività di queste osservazioni è limitata sia dalla scarsa numerosità dei campioni esaminati sia dall'eterogeneità delle particelle riscontrate nelle deposizioni. Inoltre, poiché la superficie esaminata del filtro è piccola rispetto alla superficie totale (circa 0,2%), i risultati dell'indagine danno una indicazione soprattutto qualitativa.

## 5.5 Analisi dati rilevati dalla postazione fissa BYPASS annuale

ARPAL, insieme agli altri Enti interessati, ha effettuato una integrazione del protocollo di attuazione, prevedendo la raccolta delle deposizioni a Bypass anche nei periodi non coperti dalle campagne periodiche. Sono stati rilevati solo i parametri inorganici in quanto caratteristici dello scarico del carbone ENEL. I deposimetri delle campagne integrative sono stati sempre mantenuti a 2 metri di altezza come per i deposimetri delle due campagne di misura previste dal protocollo.

### 5.5.1 Rateo di deposizione di polveri

In Tabella 29 sono riportate i ratei di deposizione della postazione fissa di Bypass per le campagne aggiuntive (evidenziate in grassetto) assieme alle campagne descritte in precedenza facenti parte della P18. Nei periodi interessati dal monitoraggio nelle campagne aggiuntive, le attività di scarico del carbone in banchina hanno avuto alcuni

periodi di arresto. Nella tabella sono anche riportate le tonnellate di carbone scaricato in banchina per ciascuna campagna.

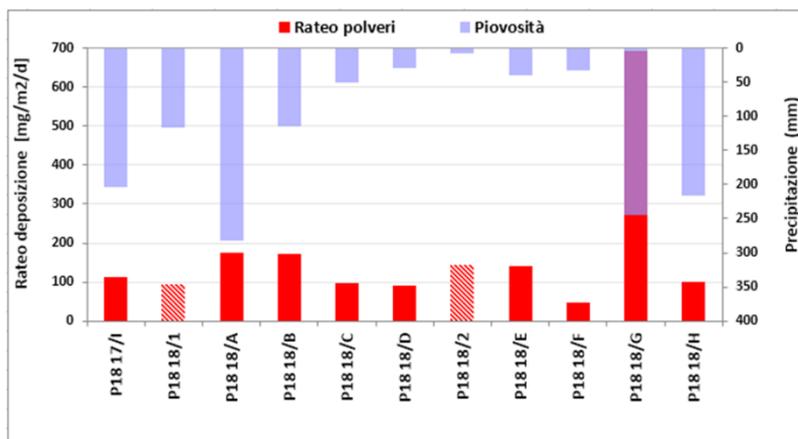
Sigla	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Precipitazione raccolta [mm]	Scarico carbone in banchina (t)	Rateo deposizione insolubile [mg/m <sup>2</sup> /d]
P18 17/I	13/12/2017	18/01/2018	36	204	136894	114
P18 18/1	18/01/2018	22/02/2018	35	117	66000	94
P18 18/A	22/02/2018	29/03/2018	35	282	26526	176
P18 18/B	30/03/2018	27/04/2018	28	115	0	172
P18 18/C	27/04/2018	30/05/2018	33	50	67964	96
P18 18/D	30/05/2018	28/06/2018	29	29	19402	90
P18 18/2	26/06/2018	02/08/2018	34	7	45674	144
P18 18/E	01/08/2018	03/09/2018	33	40	87492	142
P18 18/F	03/09/2018	11/10/2018	38	32	81582	48
P18 18/G	11/10/2018	06/11/2018	26	245	70594	692
P18 18/H	06/11/2018	17/12/2018	41	216	155777	101
<b>Media del rateo di deposizione</b>						<b>170</b>

**Tabella 29 – Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili, quantità di carbone scaricato e entità delle precipitazioni a Bypass.**

Il rateo di deposizione delle polveri a Bypass non risulta correlato con la movimentazione di carbone in Banchina ed è caratterizzato da un valore di fondo più elevato rispetto alle altre postazioni (v. Rapporto monitoraggio P14 2018<sup>9</sup>). Il valore medio per il periodo di osservazione è risultato essere di 170 mg/m<sup>2</sup>/d e pertanto tale postazione si colloca nella classe di polverosità II ('bassa') della tabella redatta dal gruppo di lavoro della Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico del Ministero dell'Ambiente (vedi Tabella 19). Nel computo della media è stato riportato anche il valore della deposizione rilevato nel corso della campagna P18 18/G che presenta una deposizione fortemente anomala per effetto dell'evento meteo discusso nel capitolo 3. Escludendolo, si otterrebbe un rateo medio di 118 mg/m<sup>2</sup>/d che identifica sempre una classe di polverosità "bassa".

I ratei di deposizione delle polveri insolubili misurati nelle campagne di monitoraggio a Bypass, sono riportati nella figura seguente. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle due campagne della prescrizione 18, mentre quelli in rosso alle campagne integrative. È stata inclusa anche la precipitazione cumulata, in mm, con asse secondario invertito:

<sup>9</sup> "Report monitoraggio Prescrizione 14 2018" prot ARPAL n. 37447 del 31/12/2018.

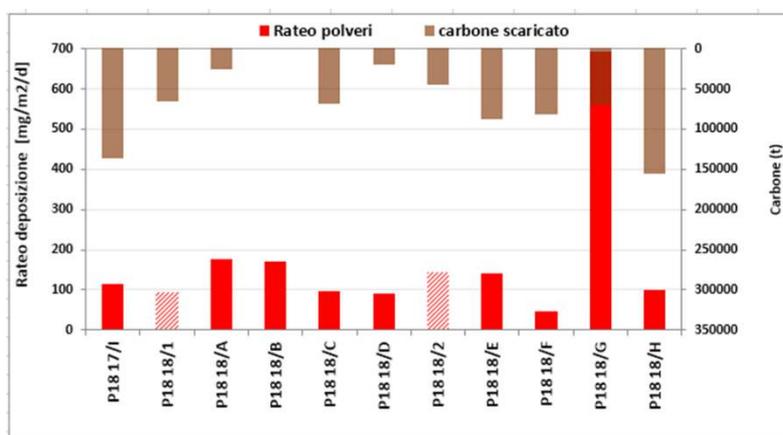


**Figura 57 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili e precipitazione cumulata in mm nel corso dell'anno.**

La figura evidenzia che i ratei di deposizione sono rimasti compresi tra circa 100 e circa 200 mg/m<sup>3</sup>/d, ad eccezione che per le seguenti campagne:

- **P18 18/G** in cui si è avuto un rateo record, prossimo ai 700 mg/m<sup>2</sup>/d, per via del già citato evento meteo di ottobre (v. cap.3);
- **P18 18/F** in cui si è avuto un valore di deposizione molto contenuto insolitamente basso rispetto al consueto.

Nella figura sottostante, invece, i ratei di deposizione delle polveri sedimentabili sono confrontati con le tonnellate di carbone movimentato in Banchina (asse secondario, a destra nel grafico):



**Figura 58 - Ratei di deposizione delle polveri e quantità di carbone scaricato alla banchina.**

Già da un primo esame visivo, dalla figura precedente non si evidenzia alcuna correlazione tra rateo di deposizione delle polveri e quantità di carbone scaricato in Banchina. Infatti, trascurando la campagna **P18 18/G** influenzata dall'evento meteo di ottobre, si nota che nelle due campagne con i ratei di deposizione più elevati, ovvero la campagna **P18 18/A** e la **P18 18/B**, si sono avute rispettivamente limitate o del tutto

assenti attività di movimentazione del carbone in banchina. Allo stesso modo, le deposizioni di polveri avvenute durante i periodi con le maggiori movimentazioni di carbone, ovvero le campagne **P18 17/I** e **P18 18/H**, sono state molto modeste e paragonabili a quelle con scarsa movimentazione di carbone. Ne consegue che dall'analisi di questi dati è possibile affermare che non si evidenzia alcuna correlazione tra rateo di deposizione delle polveri e quantità di carbone scaricato in Banchina.

### 5.5.2 Contenuto di metalli

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione dei metalli determinati a Bypass nel corso del 2018, in accordo con quanto previsto dalla prescrizione 18. I ratei di deposizione sono espressi tutti in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ :

Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
P18 17/I	0,21	< 0,03	< 0,01	< 0,03	9	4	4	9	15	3
<b>P18 18/1</b>	<b>0,20</b>	<b>0,04</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>21</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>5</b>
P18 18/A	0,33	0,06	< 0,01	< 0,03	13	6	5	14	26	4
P18 18/B	0,55	0,10	0,01	< 0,03	18	11	8	28	50	8
P18 18/C	0,33	0,08	< 0,01	< 0,03	12	6	5	26	27	4
P18 18/D	0,28	0,08	< 0,01	< 0,03	13	6	6	23	27	4
<b>P18 18/2</b>	<b>0,80</b>	<b>0,07</b>	<b>0,002</b>	<b>0,01</b>	<b>31</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>76</b>	<b>131</b>	<b>10</b>
P18 18/E	0,47	0,06	0,02	< 0,03	22	10	20	32	54	7
P18 18/F	0,12	< 0,03	< 0,01	< 0,03	4	2	3	9	13	2
P18 18/I	2,40	0,18	0,05	0,11	45	23	25	63	212	33
P18 18/H	0,23	< 0,03	0,01	< 0,03	20	7	9	21	35	6
<b>Media</b>	<b>0,54</b>	<b>0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>19</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>31</b>	<b>57</b>	<b>8</b>
<i>Valore guida Germania</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>-</i>	<i>15</i>	<i>100</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>

**Tabella 30 – Ratei di deposizione di metalli del 2018 nella postazione di Bypass**

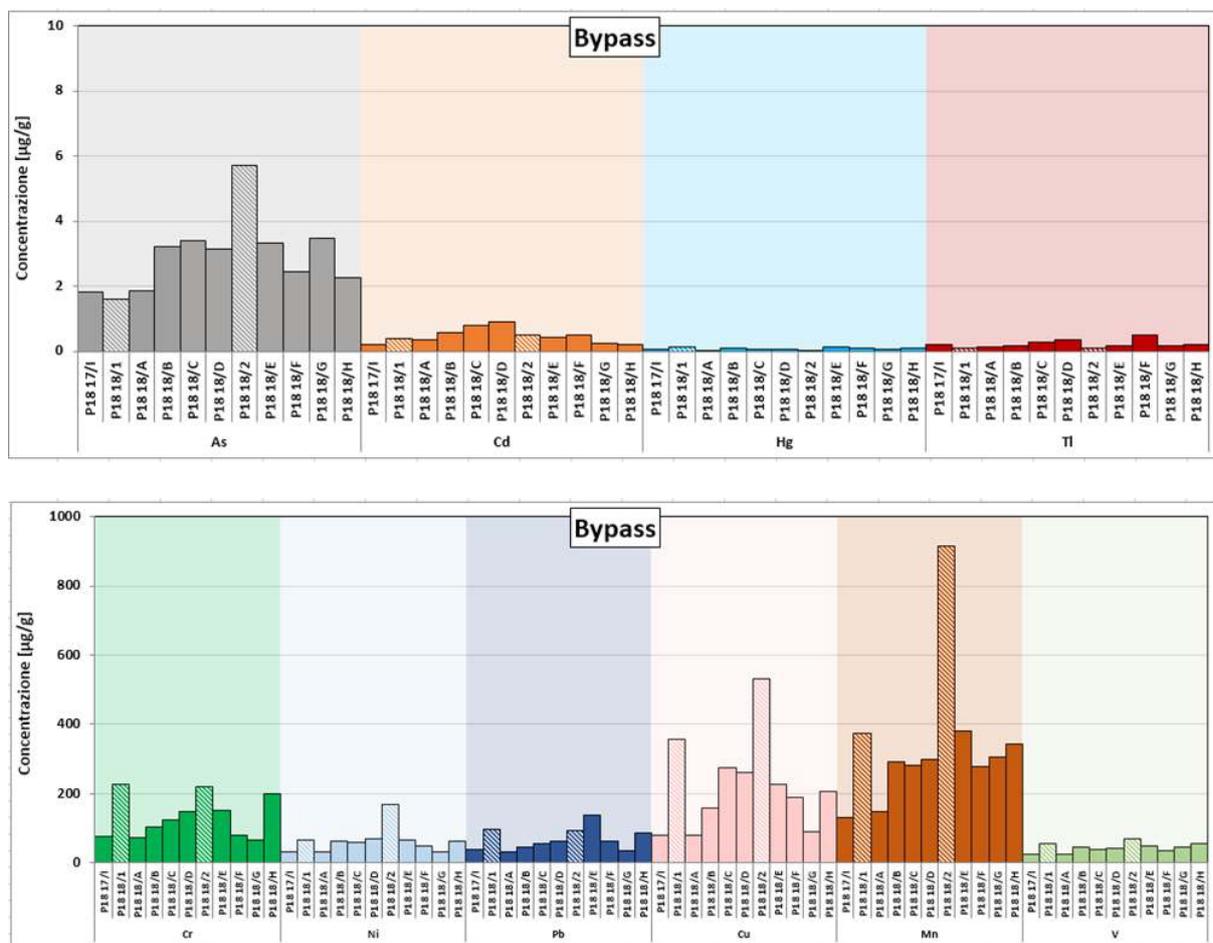
Si evidenzia che i ratei medi annuali dei metalli risultano ampiamente inferiori ai valori guida tedeschi.

Nella tabella seguente sono riassunti invece le concentrazioni dei metalli a Bypass nel corso dell'anno, espresse in  $\mu\text{g}/\text{g}$ .

Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
P18 17/I	1,82	0,21	0,04	0,21	77	33	39	80	131	26
<b>P18 18/1</b>	<b>1,60</b>	<b>0,40</b>	<b>0,14</b>	<b>0,10</b>	<b>226</b>	<b>65</b>	<b>96</b>	<b>357</b>	<b>373</b>	<b>57</b>
P18 18/A	1,86	0,37	0,03	0,14	74	33	31	79	149	23
P18 18/B	3,20	0,58	0,08	0,18	103	63	45	160	291	47
P18 18/C	3,40	0,80	0,05	0,27	124	61	55	275	282	37
P18 18/D	3,13	0,91	0,07	0,33	147	71	63	260	298	41
<b>P18 18/2</b>	<b>5,70</b>	<b>0,50</b>	<b>0,01</b>	<b>0,10</b>	<b>219</b>	<b>169</b>	<b>95</b>	<b>530</b>	<b>914</b>	<b>71</b>
P18 18/E	3,32	0,43	0,13	0,18	151	68	140	228	382	50
P18 18/F	2,44	0,48	0,10	0,48	80	48	64	189	278	35
P18 18/I	3,47	0,25	0,08	0,16	65	33	36	91	305	47
P18 18/H	2,27	0,21	0,08	0,21	198	64	86	206	343	56

**Tabella 31 – Concentrazioni in  $\mu\text{g}/\text{g}$  dei metalli nelle polveri per le campagne di monitoraggio 2018.**

Le figure che seguono riportano per Bypass l'andamento delle concentrazioni di metalli, in  $\mu\text{g}/\text{g}$ , presenti nelle polveri nell'anno. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della **P18 18/1** e **P18 18/2**:



**Figura 59 – Concentrazioni dei metalli a Bypass nel corso dell'anno.**

I grafici e la tabella sopraportati evidenziano che le concentrazioni dei metalli presentano normalmente una variabilità abbastanza limitata durante il corso dell'anno; As tra i metalli minoritari e Cu e Mn tra quelli maggioritari sono risultati i metalli che presentano variabilità relativamente maggiore nel corso dell'anno.

Le concentrazioni massime relative di Cu e Mn si sono registrate nelle due campagne **P18 18/1** e **P18 18/2**: l'analisi estesa a tutto l'anno associata ai dati di carbone movimentate in Banchina non evidenzia però alcuna correlazione con quest'ultima attività.

### 5.5.3 Caratterizzazione mediante SEM

Nel 2018 sono state ripristinate le determinazioni analitiche integrative con SEM sulle deposizioni che nel corso dell'anno precedente non sono state effettuate sulle campagne integrative della P18 (vedi modifiche protocollo Prescrizione P18 del 06/12/2016). Il ripristino di tale attività è legato al fatto che, pur con le limitazioni sotto riportate, queste analisi consentono comunque di avere indicazioni qualitative sulla presenza di particelle di carbone nelle deposizioni.

I risultati delle indagini al SEM sono riportati nella tabella che segue:

Campagna	% carbone
P18 17/G	1,8
<b>P18 18/1</b>	< 0,1
P18 18/A	1,1
P18 18/B	nd
P18 18/C	0,4
P18 18/D	0,3
<b>P18 18/2</b>	< 0,1
P18 18/E	< 0,1
P18 18/F	0,1
P18 18/I	nd
P18 18/H	0,6

**Tabella 16 - Percentuale stimata di particelle di carbone superficiali nei campioni di deposizione.**

I risultati rappresentativi di buona parte dell'anno, evidenziano che la quantità di particelle di carbone rilevate nello strato superficiale delle deposizioni raccolte sul filtro nel caso peggiore non supera il 2%.

Va ricordato che la significatività di queste osservazioni è limitata sia dalla scarsa numerosità dei campioni esaminati sia dall'eterogeneità delle particelle riscontrate nelle deposizioni. Inoltre, poiché la superficie esaminata del filtro è piccola rispetto alla superficie totale (circa 0,2%), i risultati dell'indagine danno una indicazione soprattutto qualitativa.

## 6 ANDAMENTO E CARATTERIZZAZIONE DELLE POLVERI AERODISPERSE

### 6.1 Monitoraggio Polveri Totali Sospese

Il monitoraggio delle Polveri Totali Sospese (PTS) della prescrizione 18 è stato condotto nelle due campagne nelle postazioni di Bypass (BY), Banchina (BE), Torre T4 (T4), Torre T7 (T7) e Ravano (RA). I valori medi giornalieri delle PTS sono stati determinati mediante misure gravimetriche, condotte alternativamente da CESI e ARPAL; i dati di dettaglio sono riportati nella Appendice 4. Di seguito sono riportati graficamente gli andamenti temporali nelle postazioni, in rosso chiaro i periodi in cui le misure sono state eseguite da ARPAL.

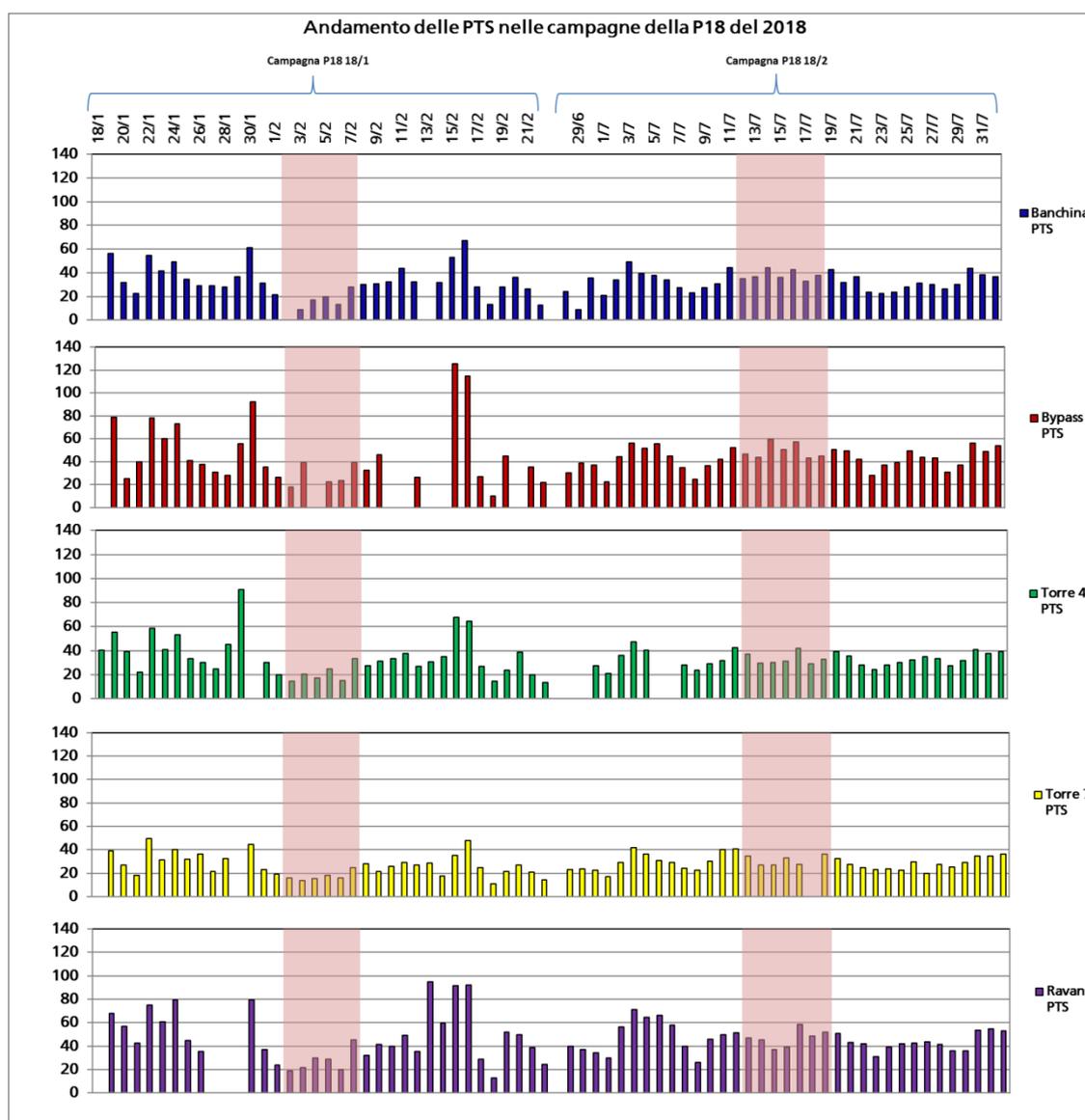


Figura 60 – Andamento delle PTS nelle postazioni di Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano durante i monitoraggi della Prescrizione 18.

Di seguito sono riportati gli indici statistici riepilogativi dei dati di PTS misurati 2018 nelle tre campagne:

Postazione	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Data inizio	18-gen-18	18-gen-18	18-gen-18	18-gen-18	18-gen-18
Data fine	22-feb-18	22-feb-18	22-feb-18	22-feb-18	22-feb-18
n°valori giornalieri previsti	36	36	36	36	36
n°valori giornalieri sperimentali	33	29	35	34	32
% valori giornalieri sperimentali	92	81	97	94	89
<b>Media nel periodo [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>33</b>	<b>46</b>	<b>34</b>	<b>26</b>	<b>47</b>
Dev.Stand	14	28	17	10	23
Minimo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	9	10	14	11	13
Massimo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	67	125	91	50	95
Mediana (50° percentile)	31	37	30	25	42
25° percentile	26	26	23	19	30
75° percentile	31	37	30	25	42
95° percentile	36	56	40	32	60

**Tabella 32 - Indici statistici delle misure di PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano (P18 18/1).**

Postazione	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Data inizio	28-giu-18	28-giu-18	28-giu-18	28-giu-18	28-giu-18
Data fine	01-ago-18	01-ago-18	01-ago-18	01-ago-18	01-ago-18
n°valori giornalieri previsti	35	35	35	35	35
n°valori giornalieri sperimentali	35	35	31	34	35
% valori giornalieri sperimentali	100	100	89	97	100
<b>Media nel periodo [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>33</b>	<b>44</b>	<b>33</b>	<b>29</b>	<b>46</b>
Dev.Stand	8	9	6	6	10
Minimo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	9	22	21	17	26
Massimo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	49	59	47	42	71
Mediana (50° percentile)	34	44	32	28	44
25° percentile	27	37	28	24	39
75° percentile	34	44	32	28	44
95° percentile	38	50	37	34	53

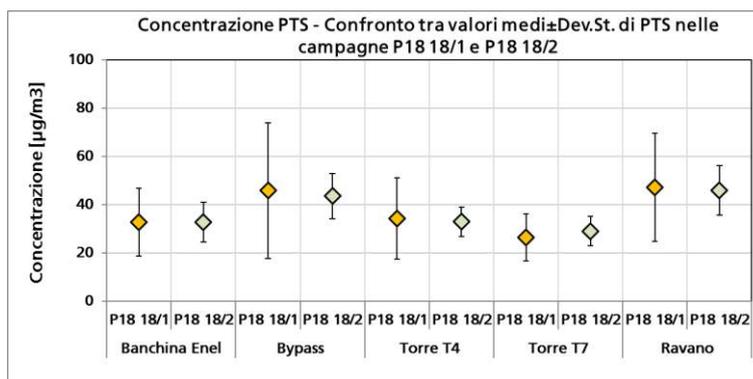
**Tabella 33 - Indici statistici delle misure di PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano (P18 18/2).**

Nella tabella che segue sono riassunti i valori medi  $\pm$  1 deviazione standard a Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano:

	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
<b>Campagna P18 18/1 (18/01 – 22/02/18)</b>	<b>33 <math>\pm</math> 14</b>	<b>46 <math>\pm</math> 28</b>	<b>34 <math>\pm</math> 17</b>	<b>26 <math>\pm</math> 10</b>	<b>47 <math>\pm</math> 23</b>
<b>Campagna P18 18/2 (28/06 – 01/08/18)</b>	<b>33 <math>\pm</math> 08</b>	<b>44 <math>\pm</math> 09</b>	<b>33 <math>\pm</math> 06</b>	<b>29 <math>\pm</math> 06</b>	<b>46 <math>\pm</math> 10</b>

**Tabella 34 - Confronto tra i valori medi  $\pm$  1 deviazione standard di PTS nel periodo di movimentazione del carbone (P18 18/1 e 18/2). Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

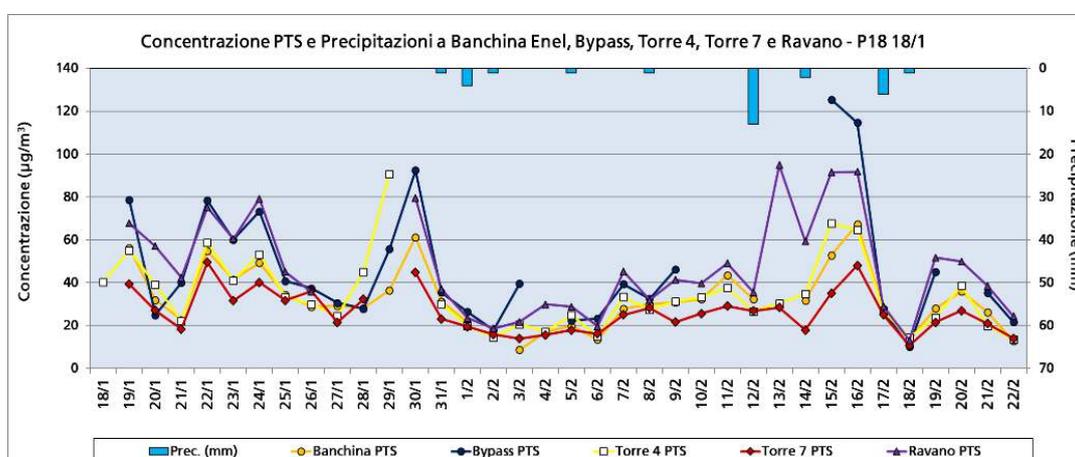
Nella figura seguente sono mostrati i valori riportati nella tabella precedente.



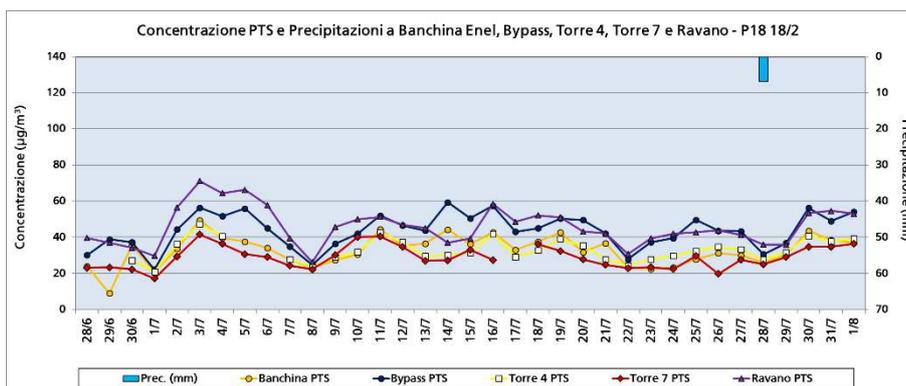
**Figura 61 – Confronto tra i valori medi  $\pm 1$  deviazione standard di PTS nel corso delle campagne P18 18/1 e 18/2 con movimentazione del carbone. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

A parità di postazione, i valori medi di PTS della campagna **P18 18/1** sono molto prossimi a quelli della campagna **P18 18/2**, a maggior ragione se si tiene conto dell'incertezza di misura. I valori medi più elevati di PTS si sono avuti a Bypass e Ravano, con concentrazioni confrontabili in entrambe le campagne. Allo stesso modo, i valori medi di Banchina ENEL e Torre T4 sono risultati del tutto confrontabili a parità di campagna. In Torre T7 si sono avute sistematicamente le minori concentrazioni di PTS in aria.

Di seguito sono riportati più nel dettaglio gli andamenti temporali giornalieri delle PTS e delle precipitazioni nelle campagne sopracitate.



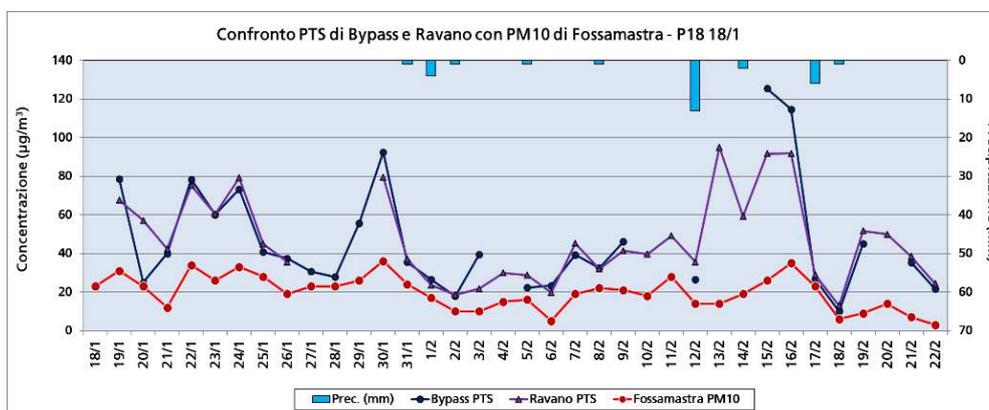
**Figura 62 – Andamento temporale delle PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano durante la campagna P18 18/1. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**



**Figura 63 – Andamento temporale delle PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano durante la campagna P18 18/2. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

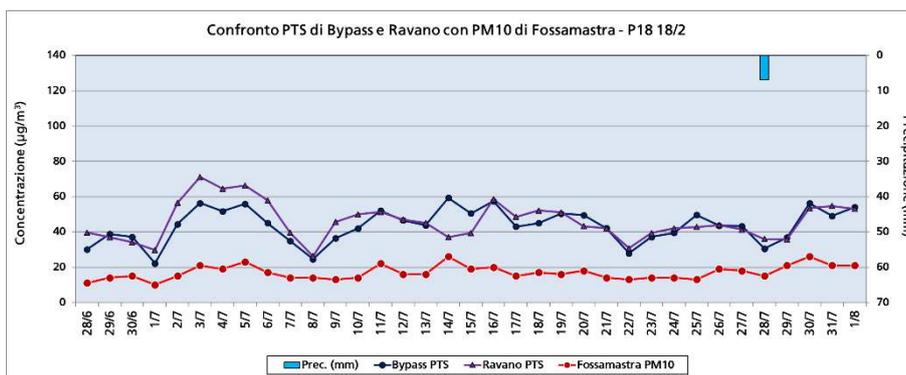
In entrambe le campagne, l'andamento delle polveri in tutte le postazioni risulta sostanzialmente sincrono, con poche anomalie, ed i valori di PTS sono stati maggiori a Bypass e Ravano, con valori anche superiori a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a Bypass durante la campagna invernale **P18 18/1**. Le concentrazioni minori sono sempre state misurate nella postazione di T7.

Di seguito sono confrontati gli andamenti delle PTS misurati a Ravano e a Bypass con il PM10 misurato nella postazione di Fossamastra utilizzata nella prescrizione 14<sup>10</sup>.



**Figura 64 – Andamento temporale delle PTS a Bypass e Ravano e del PM10 di Fossamastra, durante la campagna P18 18/1 (Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

<sup>10</sup> Rapporto ARPAL: "Attuazione della prescrizione 14, paragrafo 10.3.1 dell'AIA n.244 del 06/09/2013 - Report monitoraggio prescrizione 14, anno 2017 prot. ARPAL n. 38264 del 28/12/2018".



**Figura 65 - Andamento temporale delle PTS a Bypass e Ravano e del PM10 di Fossamastra, durante la campagna P18 18/2 (Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

Complessivamente gli andamenti di PTS e di PM10 sono risultati abbastanza coerenti in entrambe le campagne, con maggiore concentrazione del primo, come ci si deve aspettare. Poiché la misura del PTS comprende il PM10 e il particolato più grossolano, ovvero le particelle con diametro aerodinamico superiore ai  $10 \mu\text{m}$  e fino a circa  $80 \mu\text{m}$ , ci si deve aspettare anche una maggiore variabilità, come si nota nella seconda parte della campagna **P18 18/1**, probabilmente legata a fenomeni locali.

Le figure precedenti consentono anche di apprezzare meglio la sostanziale confrontabilità, se non equivalenza in certi casi, tra le concentrazioni del PTS nelle postazioni di Ravano e Bypass, a segnalare la significativa polverosità dell'area di costa.

### 6.1.1 Contenuto di metalli nelle PTS

Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati delle determinazioni di Cadmio (Cd), Cromo totale (Cr tot), Manganese (Mn), Piombo (Pb), Nickel (Ni) e Vanadio (V) nelle PTS, effettuate da ARPA Liguria in collaborazione con CESI. I valori sono  $\text{ng}/\text{m}^3$ . La dicitura "nd", indica che non è disponibile il dato relativo al giorno di campionamento:

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 18/1	22/01/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	28/01/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	03/02/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	09/02/2018	< 0,5	nd	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	15/02/2018	< 0,5	0,8	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	21/02/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	nd
Campagna P18 18/2	03/07/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	09/07/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	15/07/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	21/07/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	27/07/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

**Tabella 35- Concentrazioni di Cadmio nei campioni di PTS. Valori in  $\text{ng}/\text{m}^3$ .**

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 18/1	22/01/2018	4	4	3	9	4
	28/01/2018	1	1	2	8	1
	03/02/2018	1	3	1	1	2
	09/02/2018	4	nd	1	2	5
	15/02/2018	2	6	92	2	2
	21/02/2018	2	1	4	1	nd
Campagna P18 18/2	03/07/2018	4	4	1	3	4
	09/07/2018	2	3	3	2	4
	15/07/2018	3	8	2	4	5
	21/07/2018	4	3	5	2	3
	27/07/2018	3	4	2	2	4

**Tabella 36 - Concentrazioni di Nickel nei campioni di PTS. Valori in ng/m<sup>3</sup>.**

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 18/1	22/01/2018	13	23	13	11	24
	28/01/2018	3	4	5	3	13
	03/02/2018	17	11	4	13	34
	09/02/2018	7	nd	24	2	26
	15/02/2018	8	30	6	7	12
	21/02/2018	5	8	14	4	nd
Campagna P18 18/2	03/07/2018	9	11	4	6	16
	09/07/2018	5	7	9	6	10
	15/07/2018	13	63	5	19	41
	21/07/2018	7	8	29	3	9
	27/07/2018	7	9	4	5	10

**Tabella 37- Concentrazioni di Manganese nei campioni di PTS. Valori in ng/m3.**

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 18/1	22/01/2018	7	9	8	10	9
	28/01/2018	2	3	2	2	1
	03/02/2018	2	7	4	2	2
	09/02/2018	2	nd	4	2	4
	15/02/2018	4	10	222	2	1
	21/02/2018	2	2	3	1	nd
Campagna P18 18/2	03/07/2018	3	3	1	2	3
	09/07/2018	2	2	1	2	2
	15/07/2018	5	11	1	7	11
	21/07/2018	2	3	9	1	2
	27/07/2018	3	2	1	2	2

**Tabella 38 - Concentrazioni di Piombo nei campioni di PTS. Valori in ng/m3.**

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 18/1	22/01/2018	8	12	8	7	13
	28/01/2018	7	6	2	5	33
	03/02/2018	3	5	2	3	3
	09/02/2018	19	nd	2	2	10
	15/02/2018	9	11	7	4	13
	21/02/2018	3	3	6	6	nd
Campagna P18 18/2	03/07/2018	5	4	2	2	4
	09/07/2018	3	3	2	2	3
	15/07/2018	3	5	1	3	4
	21/07/2018	4	3	3	1	4
	27/07/2018	3	8	2	2	4

**Tabella 39 - Concentrazioni di Cromo nei campioni di PTS. Valori in ng/m3.**

**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**

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 18/1	22/01/2018	< 1	2	1	< 1	2
	28/01/2018	< 1	1	< 1	< 1	1
	03/02/2018	< 1	1	< 1	< 1	< 1
	09/02/2018	< 1	nd	< 1	< 1	5
	15/02/2018	2	4	< 1	1	1
	21/02/2018	< 1	< 1	3	< 1	nd
Campagna P18 18/2	03/07/2018	4	3	< 1	3	4
	09/07/2018	1	1	3	2	2
	15/07/2018	5	8	< 1	6	8
	21/07/2018	3	3	7	2	3
	27/07/2018	3	3	2	2	3

**Tabella 40- Concentrazioni di Vanadio nei campioni di PTS. Valori in ng/m<sup>3</sup>.**

Relativamente alle tabelle precedenti si può osservare come i valori massimi giornalieri di ciascun metallo si siano spesso rilevati nelle postazioni di Ravano e Bypass, fortemente influenzate dal traffico di mezzi pesanti che operano nell'area. In campione di Torre T4 si è riscontrata una concentrazione elevata di Ni e Pb, da considerarsi un possibile *spike* da probabile contaminazione estemporanea.

Di seguito sono riportati alcuni indici statistici descrittivi relativi ai risultati delle tabelle precedenti, ad esclusione di quelli del Cadmio in quanto sempre inferiore al limite di quantificazione ad eccezione di un dato a Bypass.

		Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 18/1	<i>n</i>	6	5	5	6	5
	<b>Media</b>	2	3	2*	4	3
	Min	1	1	1	1	1
	Max	4	6	4	9	5
	Mediana	2	3	2	2	2
Campagna P18 18/2	<i>n</i>	5	5	5	5	5
	<b>Media</b>	3	4	3	3	4
	Min	2	3	1	2	3
	Max	4	8	5	4	5
	Mediana	3	4	2	2	4

**Tabella 41 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Nickel nei campioni di PTS. Valori in ng/m<sup>3</sup>, salvo *n* (numero dei campioni). (\*eliminato valore anomalo Torre T4 92 ng/m<sup>3</sup>).**

		Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 18/1	<i>n</i>	6	5	6	6	5
	<b>Media</b>	9	15	11	7	22
	Min	3	4	4	2	12
	Max	17	30	24	13	34
	Mediana	8	11	10	6	24
Campagna P18 18/2	<i>n</i>	5	5	5	5	5
	<b>Media</b>	8	20	10	8	17
	Min	5	7	4	3	9
	Max	13	63	29	19	41
	Mediana	7	9	5	6	10

**Tabella 42 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Manganese nei campioni di PTS. Valori in ng/m<sup>3</sup>, salvo *n* (numero dei campioni).**

		Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 18/1	<i>n</i>	6	5	5	6	5
	<b>Media</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>4*</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
	Min	2	2	2	1	1
	Max	7	10	8	10	9
	Mediana	2	7	4	2	2
Campagna P18 18/2	<i>n</i>	5	5	5	5	5
	<b>Media</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	Min	2	2	1	1	2
	Max	5	11	9	7	11
	Mediana	3	3	1	2	2

**Tabella 43 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Piombo nei campioni di PTS. Valori in ng/m<sup>3</sup>, salvo n (numero dei campioni). (\*eliminato valore anomalo Torre T4 di 222 ng/m<sup>3</sup>).**

		Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 18/1	<i>n</i>	6	5	6	6	5
	<b>Media</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>14</b>
	Min	3	3	2	2	3
	Max	19	12	8	7	33
	Mediana	8	6	4	5	13
Campagna P18 18/2	<i>n</i>	5	5	5	5	5
	<b>Media</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
	Min	3	3	1	1	3
	Max	5	8	3	3	4
	Mediana	3	4	2	2	4

**Tabella 44 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Cromo nei campioni di PTS. Valori in ng/m<sup>3</sup>, salvo n (numero dei campioni).**

		Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 18/1	<i>n</i>	6	5	6	6	5
	<b>Media</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	Min	1	1	1	1	1
	Max	2	4	3	1	5
	Mediana	1	1	1	1	1
Campagna P18 18/2	<i>n</i>	5	5	5	5	5
	<b>Media</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	Min	1	1	1	2	2
	Max	5	8	7	6	8
	Mediana	3	3	2	2	3

**Tabella 45 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Vanadio nei campioni di PTS. Valori in ng/m<sup>3</sup>, salvo n (numero dei campioni).**

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

- **Nickel:** i valori giornalieri di concentrazione sono rimasti compresi tra 1 e 9 ng/m<sup>3</sup> in tutte le campagne mentre quelli medi tra 2 e 4 ng/m<sup>3</sup>, con sostanziale similitudine tra le postazioni a prescindere dalla stagione. Si è rilevato solo un valore anomalo di 92 ng/m<sup>3</sup> a Torre T4 il 15/2/18, da attribuirsi a una possibile contaminazione, dato che lo stesso campione ha un valore anomalo di Pb (v. sotto);
- **Manganese:** i valori giornalieri delle concentrazioni sono variati tra 2-34 ng/m<sup>3</sup> nella **P18 18/1**, 3-63 ng/m<sup>3</sup> nella **P18 18/2** con valore medi delle campagne rispettivamente compresi tra 7 e 22 ng/m<sup>3</sup> e 8 e 20 ng/m<sup>3</sup>. I valori medi più elevati si sono rilevati a Bypass e Ravano;
- **Piombo:** i valori giornalieri di concentrazione sono rimasti compresi tra 1-11 ng/m<sup>3</sup> tra le postazioni e quelli medi tra 3 e 6 ng/m<sup>3</sup> quindi con sostanziale poca variabilità stagionale e spaziale. Il valore di 222 ng/m<sup>3</sup> rilevato a Torre T4 nel campione del

15/2/18, caratterizzato anche da un elevato valore di Ni, è stato considerato una contaminazione e considerato un *outlier* nelle statistiche;

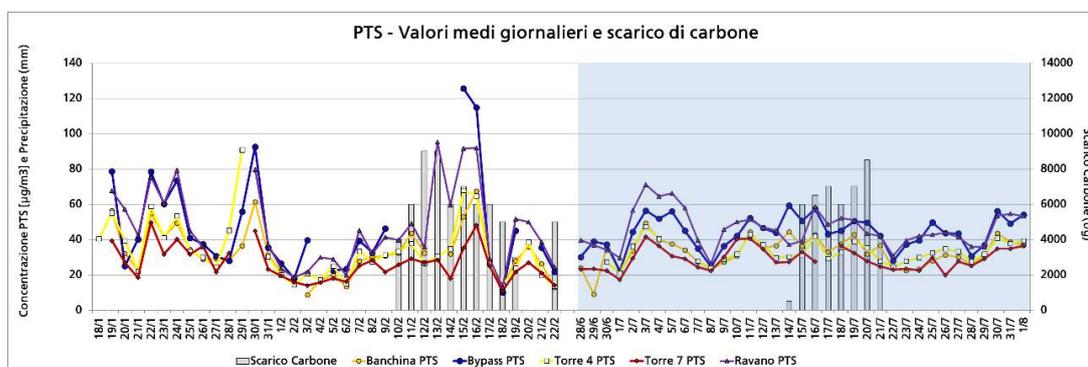
- **Cromo totale:** complessivamente le concentrazioni giornaliere di Cr sono rimaste comprese tra 1 e 33 ng/m<sup>3</sup>, con valori leggermente più elevati nella campagna invernale in tutte le postazioni, specie a Ravano. I valori medi sono stati invece compresi tra 5 e 14 ng/m<sup>3</sup> in inverno e 2-5 ng/m<sup>3</sup> in estate;
- **Vanadio:** le concentrazioni giornaliere di Vanadio sono risultate confrontabili sia tra le diverse postazioni sia tra le campagne di misura con valori compresi tra 1-8 ng/m<sup>3</sup>. Conseguentemente anche le concentrazioni medie sono risultate omogenee tra le postazioni e comprese tra 1 e 2 ng/m<sup>3</sup> in inverno e 3-4 ng/m<sup>3</sup> in estate.

## 6.2 Analisi dei periodi di sottovento alle sorgenti di polverosità

Di seguito sono valutate le correlazioni tra le concentrazioni di polveri totali sospese (PTS) e le potenziali fonti di polverosità, quali: scarico di carbone dalle navi carboniere (molo), trasporto di carbone dalla banchina alla Centrale ENEL e al sito di stoccaggio del carbone, traffico dei mezzi che trasportano i container e traffico autoveicolare cittadino.

Per l'analisi della operatività giornaliera delle navi carboniere si è fatto riferimento alle quantità di carbone scaricato giornalmente riportate nel cap.4.

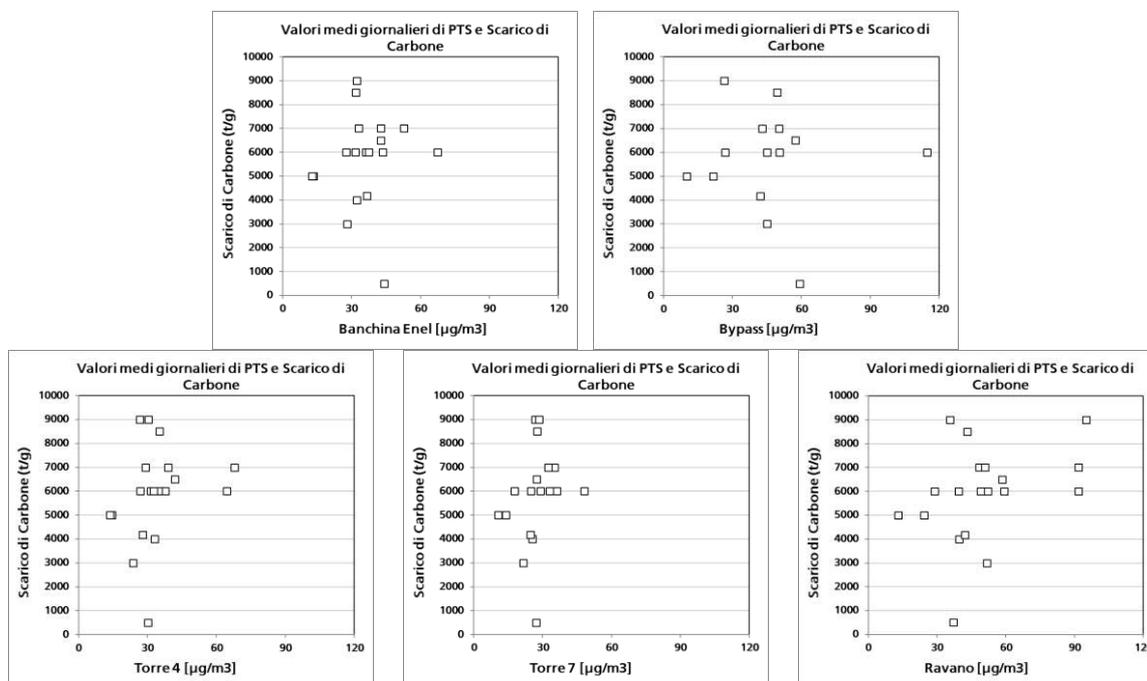
Nella figura seguente è mostrato l'andamento delle polveri totali sospese a Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano in concomitanza dello scarico del carbone dalle navi carboniere nelle due campagne. Nel grafico sono inoltre inserite le precipitazioni occorse nel periodo (in mm) con scala ad ordine inverso sull'asse primario e la quantità di carbone scaricato in termini di tonnellate/giorno sull'asse secondario.



**Figura 66- Andamento temporale delle PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano in tutto il periodo di monitoraggio e in presenza delle navi carboniere. Valori in µg/m<sup>3</sup>.**

Da un primo esame, non emergono significative correlazioni tra le tonnellate di carbone scaricato e le polveri totali sospese; si evidenzia nel periodo 13-16 febbraio un significativo aumento di questo parametro a Bypass e Ravano: ma il fatto che si siano registrati valori elevati anche in quest'ultima postazione certamente non influenzata dalla movimentazione del carbone in banchina rende improbabile identificare in questa

attività la causa dell'aumento nella polverosità. Si può affermare, pertanto, che l'andamento delle concentrazioni delle PTS in tutte le postazioni ha avuto, in modo molto evidente per la campagna estiva, valori simili in assenza e durante lo scarico del carbone. Di seguito si riportano i grafici di correlazione tra le concentrazioni di PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e le tonnellate di carbone scaricate giornalmente dalle navi (tonnellate/giorno):



**Figura 67- Correlazione tra concentrazione di PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e scarico di carbone (t/g) - P18 18/1, 18/2.**

Dai grafici precedenti risulta evidente che non è possibile individuare una correlazione semplice tra i dati di scarico e la concentrazione di PTS.

Si è quindi tentato di valutare il contributo dello scarico del carbone tramite una analisi di correlazione con la variabilità anemologica. A tale scopo, utilizzando i dati anemometrici della postazione meteorologica del Comune della Spezia, si è proceduto all'individuazione dei settori risultati indicativi per la condizione di sottovento al molo, al nastro trasportatore e al carbonile. Sono state considerate le postazioni più prossime alla linea di movimentazione del carbone, escludendo Ravano. Per Torre T4 sono stati considerati esclusivamente i settori di sottovento relativi al nastro trasportatore, in quanto come riportato nel precedente Rapporto, il carbonile prospiciente è stato dismesso nel 2016.

Sorgenti	Banchina Enel	Bypass	Area Torre T4	Area Torre T7
Scarico del carbone	SSO, SO, OSO, O	OSO, SO, SSO		
Trasporto del carbone			NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S	O, ONO, NO, NNO, N, NNE, NE
Stoccaggio del carbone				S, SSO, SO, OSO

Tabella 46 - Settori di sottovento alle sorgenti di polverosità.

Nella figura che segue, sono riportati i settori di sottovento alle sorgenti indicate nella tabella precedente.



Figura 68- Settori di sottovento delle postazioni Banchina e Bypass alle sorgenti di polverosità.

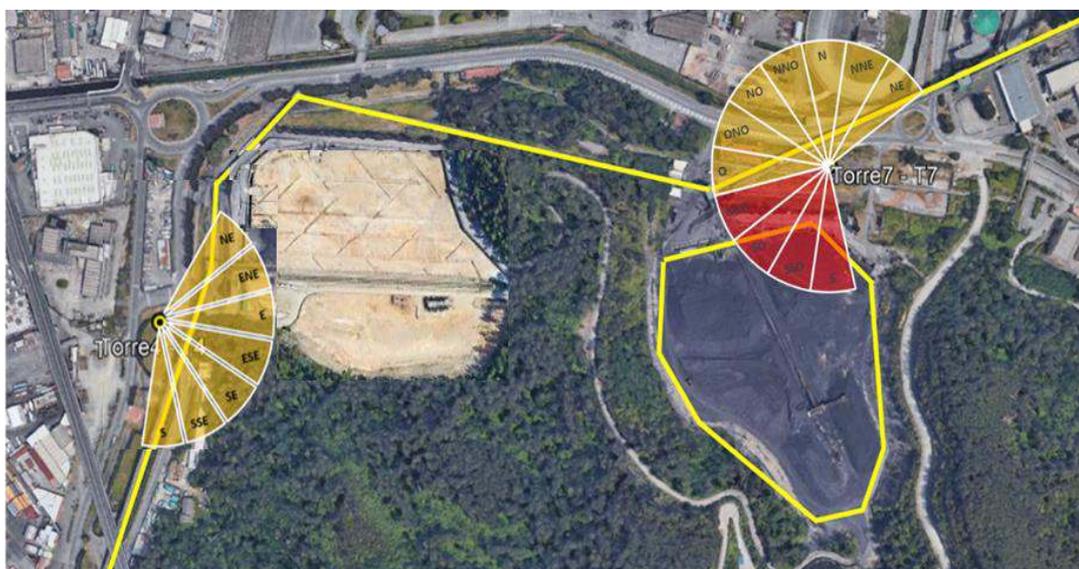


Figura 69- Settori di sottovento delle postazioni Torre T4 e Torre T7 alle sorgenti di polverosità.

**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



Per la comparazione e la valutazione dei dati medi giornalieri delle polveri PTS nelle condizioni di sottovento alle sorgenti di polverosità individuate precedentemente, si è proceduto a quantificare le ore di sottovento nell'arco di ciascuna giornata di misura durante i periodi di scarico e movimentazione del carbone. Dato che le campagne di misura sono focalizzate principalmente sulla valutazione dell'eventuale contributo del polverino da movimentazione e stoccaggio di carbone, si è ritenuto opportuno considerare, in prima approssimazione, una soglia di velocità di vento uguale o maggiore di 3 m/s (circa 11 km/h) e inferiore a 4,4 m/s (circa 16 km/h), in grado di trasportare le polveri di carbone, eventualmente disperse durante le operazioni di scarico, movimentazione e stoccaggio. Tale intervallo di velocità è minore di quella che US-EPA considera adeguata alla dispersione di polveri grossolane (diametro di circa 100 µm) da cumuli. EPA ritiene, infatti che con un vento di 16 km/h le polveri aventi diametro uguale o superiore a 100 µm sedimentino entro 6-9 m dal punto di rilascio, a seconda delle condizioni di turbolenza atmosferica. Particelle di polveri con diametri compresi tra 30 e 100 µm, nelle stesse condizioni precedenti, sedimentano entro un centinaio di metri dal punto di rilascio se non vi sono condizioni di turbolenza che le mantengono in aria, mentre quelle più fini permangono sospese in atmosfera<sup>11</sup>. Per maggior completezza dell'analisi di sottovento è stata quindi considerata anche la soglia di velocità compresa tra 4,4 e 10m/s (>16 km/h) e si sono valutate eventuali analogie e differenze tra le concentrazioni medie di PTS sottovento e non sottovento alle sorgenti di polverosità.

Di seguito sono riportati i risultati delle elaborazioni eseguite. La condizione di sottovento è stata definita come almeno un'ora di permanenza della postazione alla singola sorgente emissiva in assenza completa di precipitazione o con precipitazione giornaliera inferiore a 4 mm (<sup>12</sup>). Nelle seguenti tabelle si riporta la concentrazione media di PTS in relazione al numero e alla percentuale di ore in cui il vento ha soffiato dai settori selezionati nel prospetto precedente (si veda Tabella 46) verso le postazioni, per intensità del vento (*wind speed* "ws" in tabella) da 3 a 4,4 m/s e da 4,4 a 10 m/s. Per ogni classe di intensità del vento inoltre, in tabella è indicato il totale delle ore di vento da tutti i settori, mentre per ogni postazione è indicato il numero effettivo di ore di sottovento e la percentuale rispetto al totale.

<sup>11</sup> AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources.

<sup>12</sup> Rapporto ARPAL 2012: Analisi dei dati di polveri rilevati nella campagna di misura effettuata nella zona di Fossamastra (La Spezia).

Campagna	N° di giorni "secchi" e totale ore con intensità del vento (ws) di 3≤4,4m/s		Banchina Enel -	Bypass -	Torre T4 -	Torre T7 -	Torre T7 -
			Scarico carbone	Scarico carbone	Nastro Trasportatore	Nastro Trasportatore	Carbonile
P18 18/1	33 gg - 102 ore ws 3≤4,4m/s	Ore sottovento	22	13	38	54	29
		% ore	22%	13%	37%	53%	28%
		Concentrazione sottovento (µg/m <sup>3</sup> )	32	41	32	19	28
P18 18/2	34 gg - 66 ore ws 3≤4,4m/s	Ore sottovento	22	21	41	4	60
		% ore	33%	32%	62%	6%	91%
		Concentrazione sottovento (µg/m <sup>3</sup> )	34	44	33	31	28

**Tabella 47 – Concentrazione di PTS e ore di sottovento delle postazioni alle sorgenti emissive con intensità del vento (ws) di 3≤4,4m/s.**

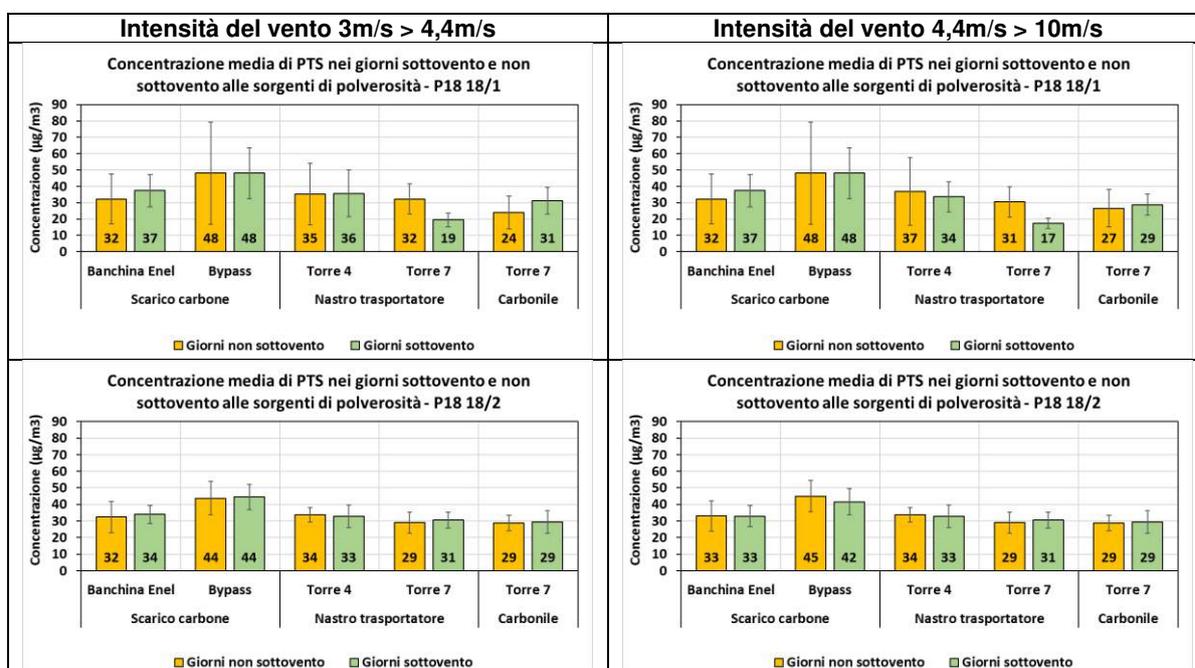
Campagna	N° di giorni "secchi" e totale ore con intensità del vento (ws) di 4,4≤10m/s		Banchina Enel -	Bypass -	Torre T4 -	Torre T7 -	Torre T7 -
			Scarico carbone	Scarico carbone	Nastro Trasportatore	Nastro Trasportatore	Carbonile
P18 18/1	33 gg - 141 ore ws 4,4≤10m/s	Ore sottovento	31	28	92	24	60
		% ore	22%	20%	65%	17%	43%
		Concentrazione sottovento (µg/m <sup>3</sup> )	37	48	30	19	27
P18 18/2	34 gg - 129 ore ws 4,4≤10m/s	Ore sottovento	30	19	95	15	101
		% ore	23%	15%	74%	12%	78%
		Concentrazione sottovento (µg/m <sup>3</sup> )	33	42	33	26	29

**Tabella 48 – Concentrazione di PTS e ore di sottovento delle postazioni alle sorgenti emissive con intensità del vento (ws) di 4,4≤10m/s.**

Complessivamente, per velocità di vento uguale o maggiore di 3 m/s e inferiore a 4,4 m/s, le postazioni sono rimaste sottovento alle sorgenti di emissione per il 13-53% del tempo durante la **P18 18/1** e 6-91% durante la **P18 18/2**. Per soglia di velocità uguale o maggiore a 4,4 m/s e inferiore a 10 m/s tali percentuali si modificano, con valori fino a 20-65% del tempo nella **P18 18/1** e 12-78% nella **P18 18/2**. Si possono inoltre fare le seguenti considerazioni:

- le concentrazioni medie di PTS non sono correlate proporzionalmente con le ore di sottovento. Spesso infatti per la stessa postazione, ad ore di sottovento maggiori, ma in campagne diverse, corrispondono concentrazioni più basse;
- Torre T7 e Torre T4 sono le postazioni che rimangono per più tempo sottovento al carbonile e al nastro trasportatore rispettivamente, ma in nessun caso si osserva una concentrazione più elevata di PTS corrispondente ad una maggiore percentuale di ore sottovento alle sorgenti emissive;
- Bypass e Banchina Enel sono le postazioni con il minor numero di ore di sottovento alle sorgenti emissive (in 3 casi su 4 si è rilevato <50% del tempo) e anche in questo caso non vi sono correlazioni tra ore di sottovento e concentrazione di PTS.

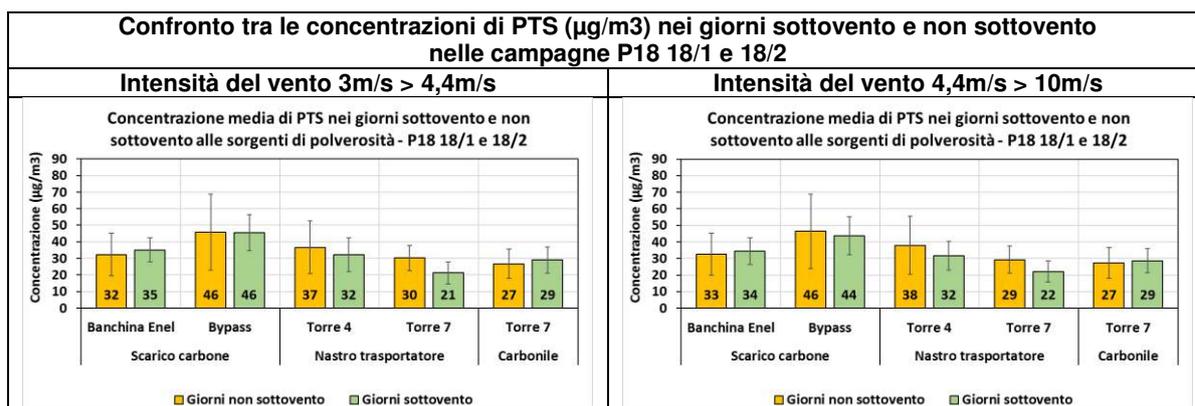
Di seguito si riporta il confronto tra la concentrazione media  $\pm 1$  deviazione standard ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) delle PTS nelle giornate sottovento e non sottovento alle potenziali sorgenti di polverosità per tutte le postazioni in entrambe le campagne. In Appendice 5 sono riportati gli andamenti giornalieri delle concentrazioni di PTS in relazione alle ore di sottovento alle sorgenti emmissive. Come precedentemente sono state eseguite le elaborazioni su soglie di vento di  $3 \text{ m/s} > 4,4 \text{ m/s}$  e di  $4,4 \text{ m/s} > 10 \text{ m/s}$ :



**Figura 70 - Confronto tra le concentrazioni di PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nei giorni sottovento e non sottovento alle potenziali sorgenti di polverosità nella P18 18/1, 18/2 per velocità comprese tra 3 e 4,4m/s e tra 4,4 e 10m/s.**

In linea generale, le concentrazioni medie di PTS sono molto simili in condizioni di sottovento e sopravvento alle sorgenti di polverino di carbone; avviene inoltre che nelle condizioni di sottovento si misurino a volte concentrazioni inferiori rispetto alle condizioni di sopravvento alle sorgenti emmissive. Per le postazioni in cui si è misurata una concentrazione di PTS maggiore nelle ore di sottovento, la differenza tra sottovento e sopravvento è molto limitata ed è stata di pochi  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ampiamente contenuta nell'incertezza della misura.

Nelle figure seguenti si riporta il confronto tra la concentrazione media  $\pm 1$  deviazione standard ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) delle PTS sul periodo totale per entrambe le soglie di velocità del vento considerate. È ben evidente la mancanza di differenze significative tra le giornate sottovento e non sottovento alle potenziali sorgenti di polverosità.



**Figura 71 - Confronto tra le concentrazioni di PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nei giorni sottovento e non sottovento alle potenziali sorgenti di polverosità nelle campagne P18 18/1 e 18/2 per velocità comprese tra 3 e  $4,4\text{m/s}$  e tra  $4,4$  e  $10\text{m/s}$ .**

Ad ulteriore verifica, si è fatto ricorso al test di ANOVA (ANalysis Of VAriance), che confronta la concentrazione media nei giorni sottovento e non sottovento alle sorgenti di polverosità, verificando l'ipotesi  $H_0$ , secondo la quale i due set di dati hanno concentrazioni medie confrontabili, rispetto all'ipotesi alternativa  $H_1$  secondo la quale i due set di dati sono caratterizzati da medie diverse. Per tali elaborazioni si è utilizzato il *data set* completo delle campagne **P18 18/1** e **P18 18/2**.

I descrittori fondamentali considerati dal test sono  $F_{\text{calcolato}}$ ,  $F_{\text{critico}}$  e  $P$  Value. Quando  $F_{\text{calcolato}} < F_{\text{critico}}$  e  $P$  Value  $> 5\%$  le medie sono statisticamente equivalenti, viceversa se  $F_{\text{calcolato}} > F_{\text{critico}}$  e  $P$  Value  $< 5\%$  le medie sono statisticamente diverse. Per ANOVA si è ricorsi all'utilizzo della tabella dei valori critici di confronto<sup>13</sup>.

Dato che il test di ANOVA si applica solo alle popolazioni di dati che seguono una distribuzione normale, si è eseguita un'indagine preliminare di verifica della distribuzione dei dati (normale/non normale). Si è pertanto elaborato il Normal Probability Plot<sup>14</sup> e si è calcolato il coefficiente di correlazione. Quest'ultimo è stato confrontato con valori critici tabulati<sup>15</sup> e, per popolazioni di dati con coefficiente di correlazione calcolato maggiore al valore tabulato, l'ipotesi che i dati seguano una distribuzione normale è stata accettata ed è stato applicato il test di ANOVA, mentre per popolazioni di dati con coefficiente di correlazione calcolato inferiore al valore tabulato, l'ipotesi che i dati seguano una distribuzione normale è stata rifiutata ed è stato applicato il test non parametrico di Kruskal Wallis sulle mediane.

I risultati dell'analisi statistica son riassunti nella tabella seguente. In Appendice 5 sono riportate le elaborazioni.

<sup>13</sup> <http://users.sussex.ac.uk/~grahamh/RM1web/F-ratio%20table%202005.pdf>

<sup>14</sup> <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/normprpl.htm>

<sup>15</sup> <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda3676.htm>

Set Dati	Intensità del vento	Distribuzione Gaussiana (SI/NO)	Applicabilità ANOVA (SI/NO)	Applicabilità Kruskal - Wallis (SI/NO)	Risultato ANOVA	Risultato Kruskal - Wallis
Banchina Enel - Scarico carbone	3<4,4m/s	NO	NO	SI	-	Le mediane sono statisticamente equivalenti.
	4,4<10m/s	SI	SI	SI	Le medie sono statisticamente equivalenti.	Le mediane sono statisticamente equivalenti.
Bypass - Scarico carbone	3<4,4m/s	NO	NO	SI	-	Le mediane sono statisticamente equivalenti.
	4,4<10m/s	NO	NO	SI	-	Le mediane sono statisticamente equivalenti.
Torre T4 – Nastro Trasportatore	3<4,4m/s	NO	NO	SI	-	<b>Le mediane sono statisticamente diverse (conc.sottovento &lt; conc.sopravento)</b>
	4,4<10m/s	NO	NO	SI	-	Le mediane sono statisticamente equivalenti.
Torre T7 - Carbonile	3<4,4m/s	SI	SI	SI	Le medie sono statisticamente equivalenti.	Le mediane sono statisticamente equivalenti.
	4,4<10m/s	SI	SI	SI	Le medie sono statisticamente equivalenti.	Le mediane sono statisticamente equivalenti.
Torre T7 - Nastro Trasportatore	3<4,4m/s	NO	NO	SI	-	Le mediane sono statisticamente equivalenti.
	4,4<10m/s	SI	SI	SI	<b>Le medie sono statisticamente diverse. (conc.sottovento &lt; conc.sopravento)</b>	<b>Le mediane sono statisticamente diverse. (conc.sottovento &lt; conc.sopravento)</b>

**Tabella 49 – Risultati riassuntivi test statistici.**

Anche dal punto di vista statistico si conferma quanto precedentemente osservato: le concentrazioni medie e mediane di polveri totali sospese misurate nelle giornate di sottovento e nelle giornate di sopravvento alle sorgenti emmissive non sono statisticamente differenti nella maggior parte dei casi in cui i test sono risultati applicabili. Negli unici due casi in cui si sono avuti medie e/o mediane statisticamente diverse (Torre T4 e Torre T7 al nastro trasportatore per classi di vento 3<4,4m/s e 4,4<10m/s, rispettivamente) le concentrazioni medie misurate nelle ore di sottovento alle sorgenti emmissive sono risultate **inferiori** rispetto a quelle misurate nelle ore di sopravvento.

### 6.3 Campionamento di polveri aero disperse mediante WIND SELECT

ARPAL nel 2016 ha acquisito due campionatori vento selettivi "WindSelect" realizzati dall'azienda austriaca Monitoring Systems GmbH, utilizzati anche da altre Agenzie ambientali per rilevazioni vento-selettive di polveri in aria.

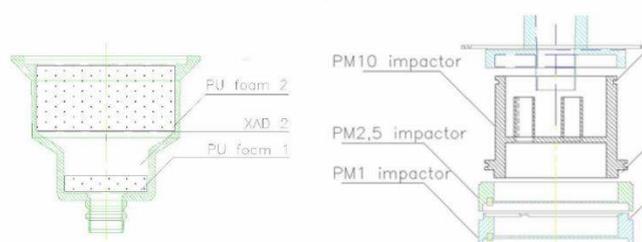
Nell'ambito della prescrizione 18, nel 2018, sono state effettuate una serie di campagne di misura con questi due strumenti opportunamente posizionati allo scopo di meglio caratterizzare eventuali impatti derivanti dalle operazioni di scarico carbone presso il pontile ENEL. La valutazione dei dati ottenuti in monitoraggi eseguiti con campionatori vento selettivi non è regolata da norma di legge che stabilisca dei valori limite, ma permette di caratterizzare eventuali pressioni che generano polverosità.

Gli strumenti vento selettivi consentono di raccogliere il particolato su tre diverse cartucce (ciascuna con tre differenti filtri), sulla base della diversa direzione di provenienza: è possibile infatti individuare due differenti settori di vento più una condizione di calma di vento. Nel dettaglio, per ogni cartuccia a disposizione, utilizzando le informazioni di un sensore sonico per la misura della direzione e velocità del vento e sulla base di un'opportuna programmazione, gli strumenti campionano le polveri nelle seguenti situazioni anemometriche:

- sottovento alla sorgente;
- con vento proveniente dai settori rimanenti;
- in calma di vento.

Ciascuna cartuccia è dotata di tre impattori inerziali che permettono di separare e di raccogliere su differenti filtri in fibra di quarzo, il particolato per frazione aereodinamica:

- particelle con diametro superiore ai 10  $\mu\text{m}$ ;
- particelle con diametro compreso tra 2.5 e 10  $\mu\text{m}$ ;
- particelle con diametro inferiore ai 2.5  $\mu\text{m}$ .



È pertanto possibile ricavare, per ciascuna direzione di provenienza, il quantitativo di particolato suddiviso in termini di PTS, PM10 e PM2.5; tale determinazione si effettua come differenza del peso tra il filtro di ciascuna frazione prima e dopo il campionamento, rapportato al volume di aria effettivamente aspirata; i risultati ottenuti per i 3 filtri consentono di avere il quantitativo di ciascuna frazione aereodinamica secondo il seguente schema:

- il dato ricavato dal filtro che raccoglie le particelle con diametro inferiore ai 2.5  $\mu\text{m}$  esprime direttamente il valore del PM2.5;

- la somma dei dati ricavati dai filtri che raccolgono le particelle con diametro inferiore ai 2.5 µm e con diametro compreso tra 2.5 e 10 µm esprimono il valore del PM10;
- la somma dei dati ricavati da tutti e tre i filtri rappresenta il valore del particolato totale (PM tot nelle tabelle).

Sui filtri è poi possibile effettuare altre determinazioni analitiche, quali metalli, specie ioniche e, abbinando ai filtri l'utilizzo di PUF, la determinazione dei microinquinanti organici.

Questi strumenti, grazie alla loro caratteristica, possono essere utilizzati per studi in particolari aree come quelle della zona di Banchina ENEL, in quanto possono consentire di isolare il contributo di un'ipotetica sorgente emissiva.

Una distribuzione del vento significativamente diversa in termini di intensità (dunque di capacità di trasporto delle particelle) e di ore nei tre settori (dunque di volumi campionati per cartuccia) potrebbe ridurre la significatività dello studio.

Sulla scorta dell'esperienza maturata nel 2016 e nel 2017 sono state avviate due campagne di misura anche nel 2018 che si sono effettuate durante lo svolgimento della campagne **P18 18/2** e in parte della **P18 18/1**, dunque con movimentazione del carbone in Banchina; la presenza di un cantiere sul molo Pagliari non ha però consentito il posizionamento di uno dei due campionatori in questo sito e pertanto la campagna invernale è stata effettuata solo nel sito di Banchina, mentre quella estiva ha visto l'introduzione del sito di Bypass. Questo sito non è propriamente ideale per questo tipo di valutazioni in quanto come in più occasioni detto risente fortemente del traffico pesante che insiste sulla viabilità limitrofa; per avere una misura più rappresentativa lo strumento è stato pertanto collocato sul casottino sul casottino posto a circa 4 m dal suolo, dove in origine si erano posizionati i deposimetri.

### 6.3.1 Campionamento vento-selettivo area movimentazione carbone

Al fine di effettuare un monitoraggio in aria ambiente di particolato e microinquinanti inorganici in modalità vento selettiva, gli strumenti "Wind Select" sono stati posizionati nell'area orientale del porto della Spezia (zona di Fossamastra): uno presso la banchina ENEL (WS1) e l'altro (per quanto sopra indicato) nell'area di Bypass. In **Figura 72** sono riportati i settori di vento individuati per ciascuna cartuccia in ciascun sito di campionamento, WS1 (Banchina ENEL) e WS2 (Bypass). I settori evidenziati in rosso individuano il settore sottovento alla sorgente mentre quelli evidenziati in verde il settore sopravvento alla sorgente scarico del carbone.

Nella tabella che segue sono riportate le definizioni dei settori individuati; è stato impostato a 1,0 m/s il valore di calma di vento e a 3,5 m<sup>3</sup>/h il volume aspirato.

	SETTORI BANCHINA ENEL	SETTORI BYPASS
<b>CARTUCCIA 1</b>	Sottovento SE-SSE-S-SSW-SW	Sottovento (S-SSW-SW-WSW)
<b>CARTUCCIA 2</b>	Sopravento (rimanenti)	Sopravento (rimanenti)
<b>CARTUCCIA 3</b>	Calma	Calma

**Tabella 50 - Settori di vento presso i due siti.**

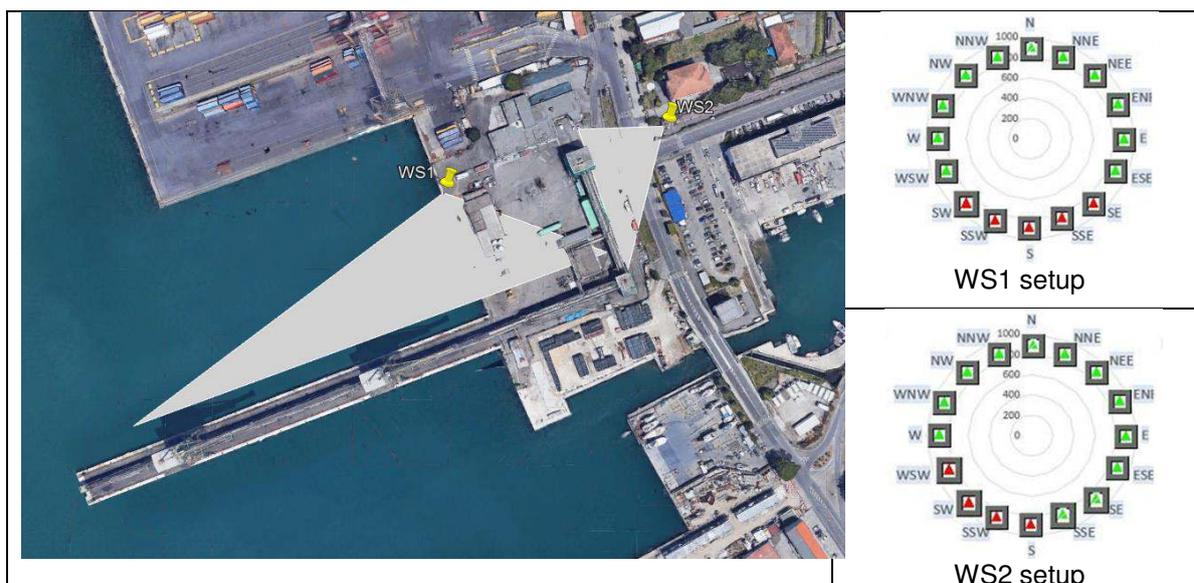


Figura 72- Sito di monitoraggio e settori considerati rispetto alla sorgente scarico carbone.

Nella Figura sottostante è riportata un'altra immagine dei settori di sottovento alle sorgenti di scarico di carbone, nel contesto geografico tridimensionale del territorio della Spezia dove appare evidente oltre che la predisposizione non simmetrica dei settori il contesto di monitoraggio costituito da una complessa area portuale.



Figura 73- Sito di monitoraggio e settori considerati rispetto alla sorgente scarico carbone.

**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



### 6.3.2 Le campagne di misura

Si riportano i risultati delle due campagne svolte nel 2018, che ha visto una prima campagna in gran parte ricompresa nella invernale **P18 18/1** ed una seconda in concomitanza con quella estiva **P18 18/2**.

Nella tabella sottostante sono indicati, per ciascuna campagna il quantitativo totale di carbone scaricato e la percentuale di giornate di scarico in Banchina ENEL.

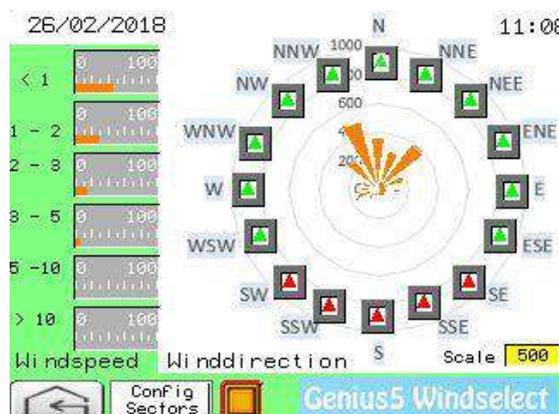
Campagna	Durata Totale (g)	Giorni di scarico	% giorni di scarico	Carbone scaricato (t)
1. 08/02 - 26/02/2018	18	13	83	86000
2. 13/07 - 30/07/2018	17	8	47	45674

**Tabella 51-Caratteristiche campagne di campionamento con strumenti vento selettivi.**

#### 6.3.2.1 Campagna invernale P18 18/1

La campagna di monitoraggio presso il sito di **Banchina ENEL (WS1)** è stata effettuata dal 8 al 26 febbraio, per un totale di 18 giorni di campionamento in continuo con 13 giorni di scarico carbone.

Nella figura seguente è riportata la rosa dei venti del periodo, relativa alle direzioni con intensità > 1 m/s e la calma di vento. Nel grafico polare è rappresentato il tempo speso dal vento in ciascun settore, mentre nell'istogramma a lato le classi di intensità rilevate.



**Figura 74- Rosa dei venti nella campagna.**

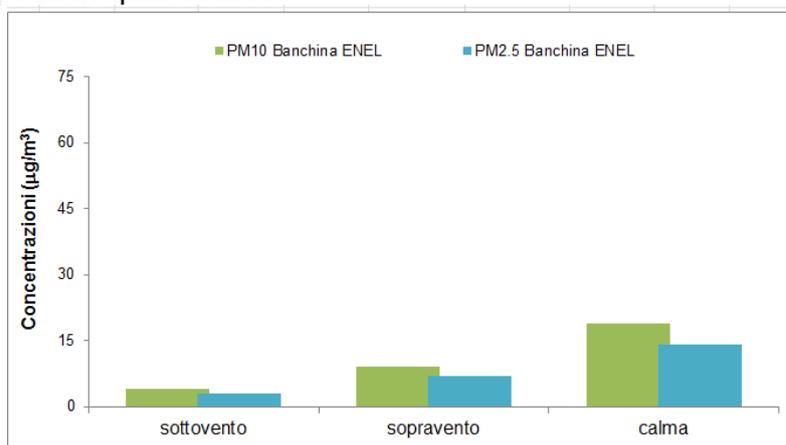
Nella tabella seguente sono riportati i risultati di concentrazione del particolato per ogni frazione in ciascuna cartuccia rappresentativa della condizione anemometrica di campionamento (sottovento, calma, sopravvento) e le tre frazioni misurate attraverso i campionatori vento selettivi, ottenute come sommatoria delle concentrazioni rilevata su ciascun filtro. Nella tabella è stato inserito anche il numero di ore di campionamento per ciascuna cartuccia.

Si segnala che durante la campagna, per inconvenienti tecnici si sono registrate alcune interruzioni nell'alimentazione elettrica che hanno fatto sì che il campionamento utile coprisse circa il 71% dell'intero periodo.

Cartuccia	Frazione PM ( $\mu\text{m}$ )	Conc ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tempo (h)	PM tot ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1 SOTTOVENTO	PM > 10	2,3	15	6	4	3
	10 > PM > 2.5	1,1				
	PM < 2.5	2,7				
2 SOPRAVENTO	PM > 10	0,7	156	10	9	7
	10 > PM > 2.5	2,1				
	PM < 2.5	7,0				
3 CALMA	PM > 10	2,5	141	21	19	14
	10 > PM > 2.5	4,9				
	PM < 2.5	13,8				

**Tabella 52 – Concentrazioni di PM presso Banchina ENEL: campagna invernale.**

Si evidenzia che il sito di Banchina è risultato sottovento alla potenziale sorgente di polverosità per solo 15 ore mentre per il resto del tempo (circa 300 ore) la condizione di campionamento è risultata essere pressoché ugualmente distribuita tra il sopravvento e la calma. Dall'analisi della figura sottostante si notano valori di concentrazione di particolato di gran lunga inferiori nel settore sottovento all'area di scarico del carbone rispetto a quelli degli altri due settori: il dato ha però scarsa rilevanza visto il numero limitato di ore spese in quel settore.



**Figura 75- Concentrazioni misurate nei diversi settori nella campagna.**

Nella tabella sottostante sono confrontati i risultati di concentrazione delle tre frazioni di particolato ottenuti mediante campionatori vento selettivi nel sito considerato durante la prima campagna con quelle rilevate mediante campionatori standard presenti nella stazione di RQA della Spezia di Fossamastra.

	PM10	PM2.5
<b>WS1 - Banchina ENEL</b>	11	8
<b>Fossamastra</b>	19	12

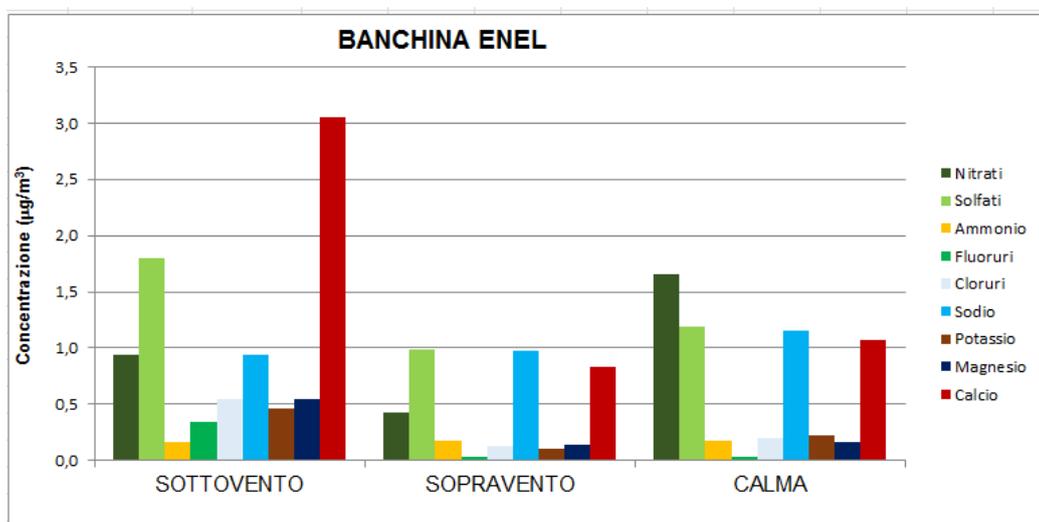
**Tabella 53 –Confronto tra PTS, PM10, PM2.5 ottenuti mediante campionatore vento selettivo e campionatore standard presso Fossamastra di RQA della Spezia (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

Come si nota dalla Tabella le concentrazioni delle frazioni di particolato risultano sostanzialmente in linea con quelle misurate a Fossamastra mediante campionatore standard, dove le pressioni antropiche sono sicuramente maggiori.

Sui filtri sui quali è stata raccolta la componente di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 10  $\mu\text{m}$  (cioè quelli relativi alla frazione  $10 > \text{PM} > 2.5$  e  $\text{PM} < 2.5$ ) è stata condotta la speciazione di metalli e ioni al fine di avere una visione più ampia e completa. Si riportano di seguito i dati di concentrazione degli ioni analizzati per ciascuna cartuccia e una rappresentazione grafica dei risultati.

Settori	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NH}_4^+$	$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$
<b>SOTTOVENTO</b>	0,94	1,80	0,17	0,34	0,55	0,94	0,46	0,55	3,06
<b>SOPRAVENTO</b>	0,42	0,99	0,17	0,03	0,13	0,98	0,10	0,14	0,84
<b>CALMA</b>	1,66	1,20	0,17	0,03	0,20	1,15	0,22	0,16	1,07

**Tabella 54 – Concentrazione degli ioni per ciascun settore ottenuti mediante campionatore vento selettivo (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**



**Figura 76- Concentrazioni di ioni misurate nei diversi settori durante campagna.**

Il valore di concentrazione più elevato tra gli ioni risulta essere quello del Calcio nel settore sottovento alla sorgente; per gli altri ioni le differenze di concentrazione tra i diversi settori di vento sono meno rilevanti.

Si riportano di seguito i dati di concentrazione dei metalli analizzati per ciascuna cartuccia suddivisi tra minoritari e maggioritari e una rappresentazione grafica dei risultati.

Settori	As	Pb	Ni	Ti	V	Cr	Mn	Cu	Sb	Se
SOTTOVENTO	0,0038	0,006	0,035	0,029	0,004	0,0719	0,009	0,011	0,0019	0,0038
SOPRAVENTO	0,0004	0,002	0,004	0,011	0,001	0,0086	0,004	0,004	0,0004	0,0004
CALMA	0,0004	0,004	0,006	0,016	0,001	0,0114	0,008	0,010	0,0012	0,0006

**Tabella 55 – Dati di concentrazione dei metalli minoritari per ciascun settore ottenuti mediante campionatore vento selettivo (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

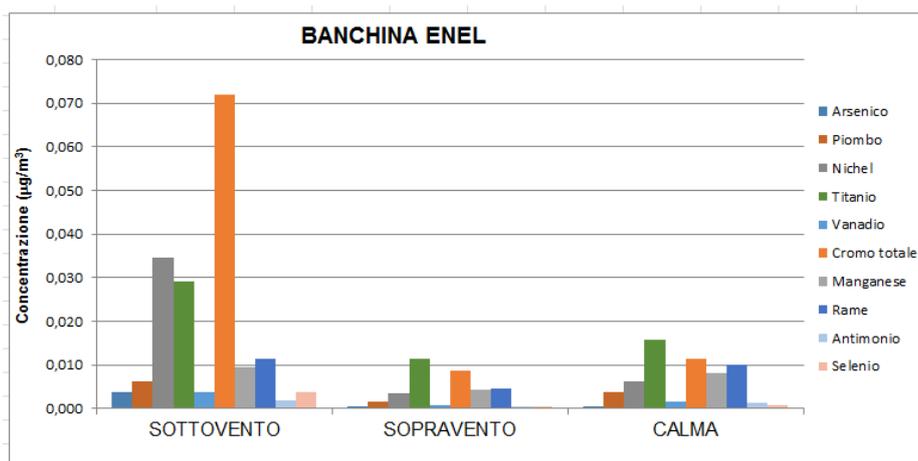


Figura 77- Concentrazioni dei metalli minoritari nei settori durante la campagna (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Settori	Al	Zn	Ba	Fe
SOTTOVENTO	0,60	0,09	0,07	0,38
SOPRAVENTO	0,14	0,02	0,01	0,24
CALMA	0,20	0,03	0,01	0,45

Tabella 56 – Dati di concentrazione dei metalli maggioritari per ciascun settore ottenuti mediante campionatore vento selettivo (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

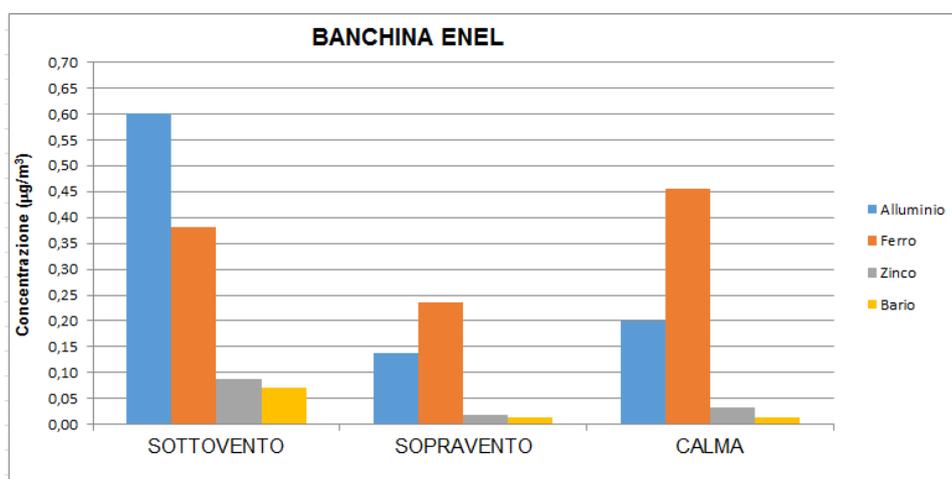


Figura 78- Concentrazioni dei metalli maggioritari nei diversi settori durante la campagna (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Dai dati risultano evidenti valori più elevati di concentrazione per Cr, Al, Ni e Ti nel settore sottovento alla sorgente, mentre per gli altri metalli non si evidenziano differenze significative.

### 6.3.2.2 Campagna estiva P 18 18/2

La campagna di monitoraggio **estiva** è stata effettuata presso i siti di **Banchina ENEL** (WS1) e **Bypass** (WS2) nel periodo dal 13 luglio al 30 luglio, per un totale di 17 giorni di campionamento in continuo con 8 giorni di scarico carbone.

#### 6.3.2.2.1 Campagna presso Banchina Enel

Nella figura seguente è riportata la rosa dei venti del periodo, relativa alle direzioni con intensità > 1 m/s e la calma di vento. Nel grafico polare è rappresentato il tempo speso dal vento in ciascun settore, mentre nell'istogramma a lato le classi di intensità rilevate.

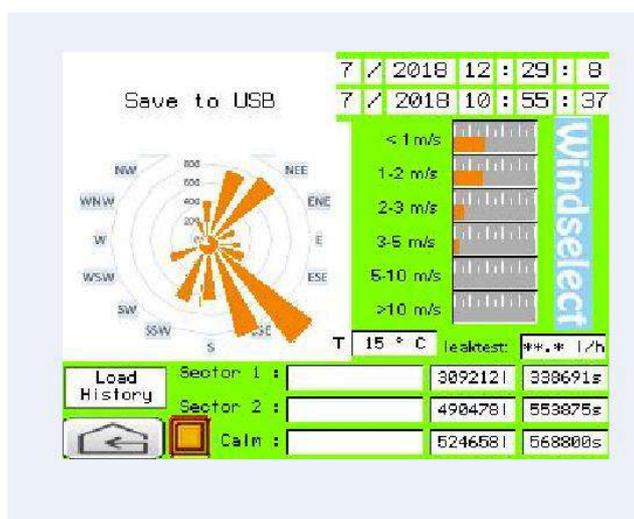


Figura 79- Rosa dei venti nella campagna.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati di concentrazione del particolato per ogni frazione in ciascuna cartuccia rappresentativa della condizione anemometrica di campionamento (sottovento, calma, sopravvento) e le tre frazioni misurate attraverso i campionatori vento selettivi, ottenute come sommatoria delle concentrazioni rilevata su ciascun filtro. Nella tabella è stato inserito anche il numero di ore di campionamento per ciascuna cartuccia.

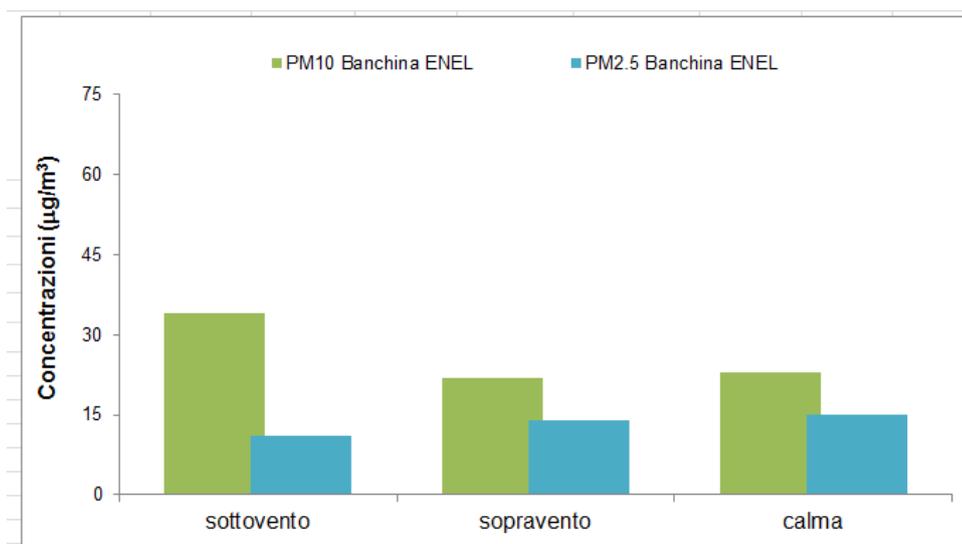
Cartuccia	Frazione PM ( $\mu\text{m}$ )	Conc ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tempo (h)	PM tot ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1 SOTTOVENTO	PM > 10	4,9	94	39	34	11
	10 > PM > 2.5	22,9				
	PM < 2.5	11,3				
2 SOPRAVENTO	PM > 10	4,1	154	27	22	14
	10 > PM > 2.5	8,4				
	PM < 2.5	14,0				
3 CALMA	PM > 10	2,8	158	26	23	15
	10 > PM > 2.5	8,4				
	PM < 2.5	14,8				

Tabella 57 – Concentrazioni di PM presso Banchina ENEL nella campagna.

Dalla Tabella risulta evidente che lo strumento è risultato sottovento alla sorgente scarico carbone per circa 100 ore mentre per il resto del tempo (circa 300 ore) ha campionato in modo pressoché ugualmente distribuito tra il sopravento e la calma.

Analizzando anche la Figura sottostante si evidenziano alcune differenze nei valori di concentrazione del particolato nei diversi settori e per le diverse frazioni, in particolare

- valori più elevati per le sole componenti più grossolane (PM tot e PM10) nel settore sottovento alla sorgente scarico del carbone: si evidenzia un valore anormalmente elevato della frazione intermedia ( $10 > PM > 2.5$ ) probabilmente dovuta ad un errore nella fase di pesata o ad un inquinamento accidentale del filtro;
- valori assolutamente comparabili per tutte le frazioni negli altri due settori.



**Figura 80- Concentrazioni misurate nei diversi settori nella campagna.**

Nella seguente tabella invece sono riportati i valori di concentrazione delle tre frazioni di particolato nel periodo rilevati dai campionatori vento selettivi e quelli rilevati mediante campionatori standard nella stazione di RQA della Spezia di Fossamastra (per il PM10 e PM 2.5) e in Banchina Enel (ambito P18) per il PTS .

	PTS	PM10	PM2,5
<b>WS1 - Banchina ENEL</b>	31	26	13
<b>Banchina ENEL</b>	33	-	-
<b>Fossamastra</b>	-	21	11

**Tabella 58 –Confronto tra PTS, PM10, PM2.5 ottenuti mediante campionatore vento selettivo a Banchina ENEL e campionatore standard presso i siti sopra indicati (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

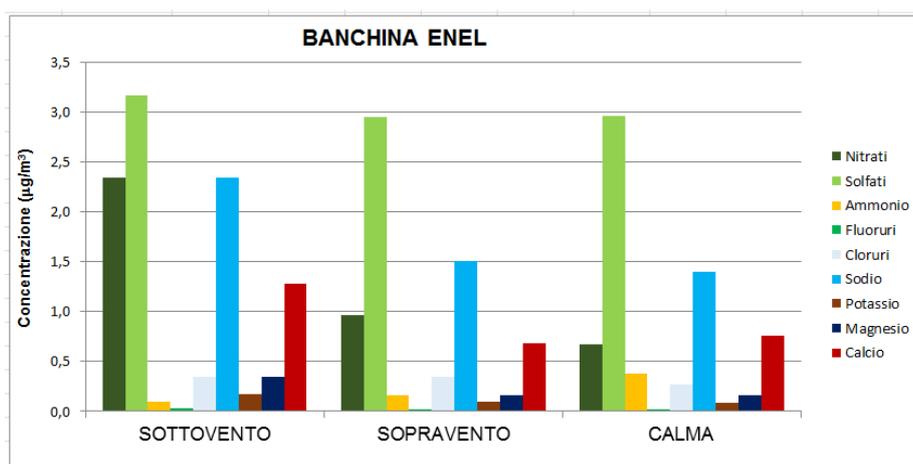
Come si nota dalla Tabella le concentrazioni delle frazioni di particolato risultano sostanzialmente in linea con quelle misurate con i campionatori standard, con un'anomalia del dato del PM10 lievemente più elevato probabilmente spiegabile con quanto detto nell'analisi della Tabella 62.

Sui filtri sui quali è stata raccolta la componente di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (cioè quelli relativi alla frazione 10 > PM > 2.5 e PM < 2.5) è stata condotta la speciazione di metalli e ioni al fine di avere una visione più ampia e completa.

Si riportano di seguito i dati di concentrazione degli ioni analizzati per ciascuna cartuccia con una rappresentazione grafica dei risultati.

Settori	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
<b>SOTTOVENTO</b>	2,34	3,17	0,09	0,03	0,35	2,34	0,17	0,35	1,28
<b>SOPRAVENTO</b>	0,97	2,95	0,16	0,02	0,35	1,51	0,10	0,16	0,69
<b>CALMA</b>	0,67	2,96	0,37	0,02	0,27	1,40	0,09	0,16	0,76

**Tabella 59 – Dati di concentrazione degli ioni per ciascun settore ottenuti mediante campionatore vento selettivo (valori in µg/m<sup>3</sup>).**



**Figura 81- Concentrazioni di ioni misurate nei diversi settori durante campagna.**

Il valore di concentrazione più elevato tra gli ioni risulta quello dei solfati da tutti i settori mentre i valori dei nitrati e del sodio sono quelli che si discostano nel sottovento rispetto a quelli rilevati negli altri due settori.

Si riportano di seguito i dati di concentrazione dei metalli analizzati per ciascuna cartuccia suddivisi tra minoritari e maggioritari e con una rappresentazione grafica dei risultati.

Settori	As	Pb	Ni	Ti	V	Cr	Mn	Cu	Sb	Se
<b>SOTTOVENTO</b>	0,0006	0,002	0,096	0,022	0,003	0,0049	0,009	0,009	0,0005	0,0007
<b>SOPRAVENTO</b>	0,0004	0,002	0,006	0,007	0,003	0,0040	0,005	0,006	0,0004	0,0005
<b>CALMA</b>	0,0004	0,001	0,002	0,007	0,002	0,0029	0,003	0,006	0,0006	0,0005

**Tabella 60 – Dati di concentrazione dei metalli minoritari per ciascun settore ottenuti mediante campionatore vento selettivo (valori in µg/m<sup>3</sup>).**

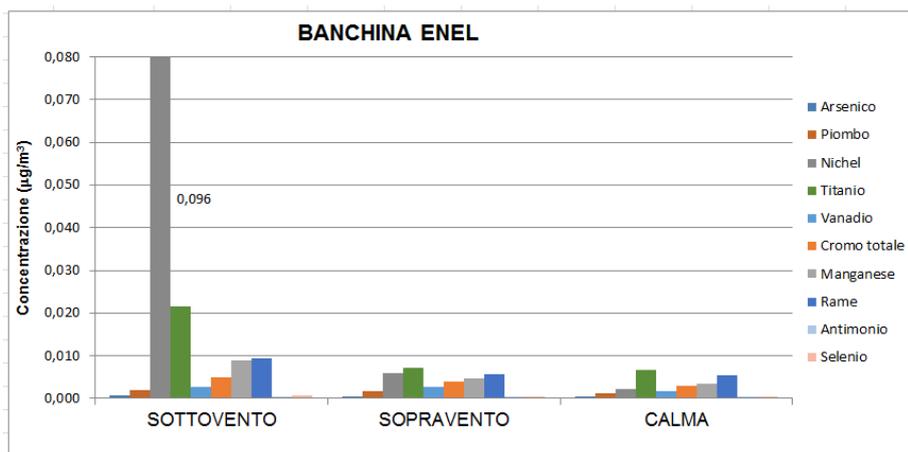


Figura 82- Concentrazioni dei metalli minoritari nei settori durante la campagna (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Le concentrazioni di Ni e Ti nel settore sottovento appaiono decisamente anomale mentre quelle degli altri metalli minoritari sono del tutto confrontabili tra loro.

Settori	Al	Zn	Ba	Fe
SOTTOVENTO	0,27	0,05	0,01	0,19
SOPRAVENTO	0,19	0,02	0,01	0,20
CALMA	0,18	0,01	0,01	0,18

Tabella 61 – Dati di concentrazione dei metalli maggioritari per ciascun settore ottenuti mediante campionatore vento selettivo (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

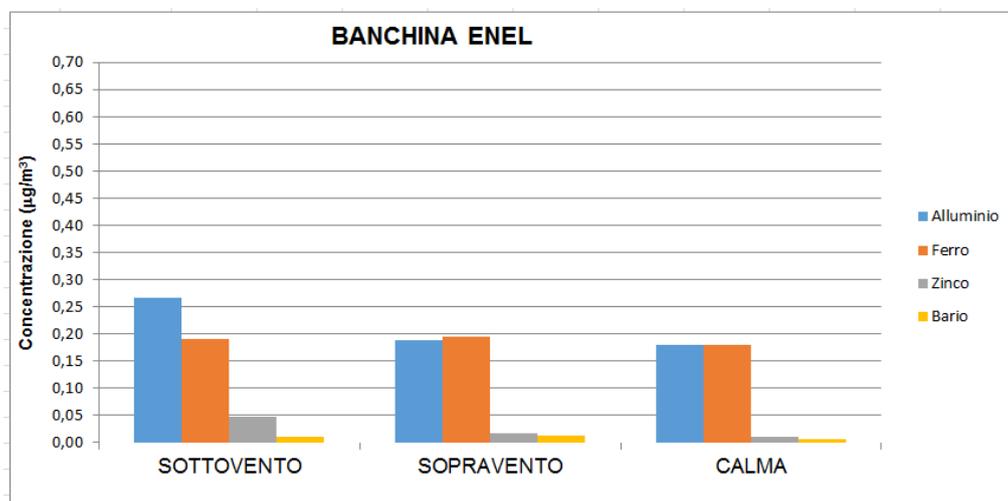
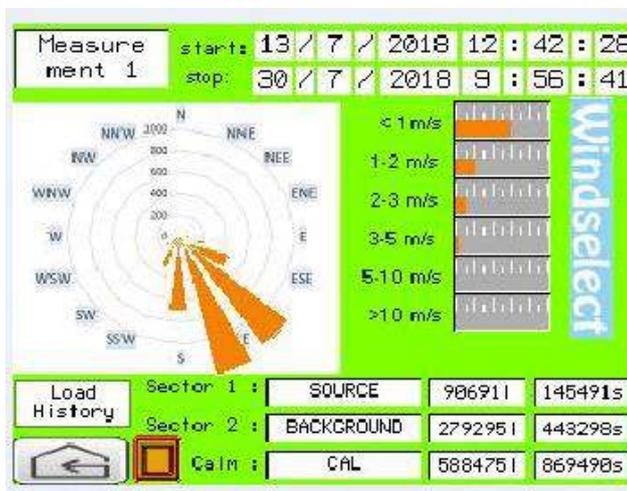


Figura 83- Concentrazioni dei metalli maggioritari nei diversi settori (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Dai dati risultano quindi valori più elevati di concentrazione per Ni, Ti e Al nel settore sottovento alla sorgente, mentre per gli altri metalli non si evidenziano differenze significative.

### 6.3.2.2.2 Campagna presso Bypass

Nella figura seguente è riportata la rosa dei venti del periodo, relativa alle direzioni con intensità > 1 m/s e la calma di vento. Nel grafico polare è rappresentato il tempo speso dal vento in ciascun settore, mentre nell'istogramma a lato le classi di intensità rilevate.



**Figura 84- Rosa dei venti nella campagna.**

Nella tabella seguente sono riportati i risultati di concentrazione del particolato per ogni frazione in ciascuna cartuccia rappresentativa della condizione anemometrica di campionamento (sottovento, calma, sopravvento) e le tre frazioni misurate attraverso i campionatori vento selettivi, ottenute come sommatoria delle concentrazioni rilevata su ciascun filtro. Nella tabella è stato inserito anche il numero di ore di campionamento per ciascuna cartuccia.

Si segnala che durante la campagna, per inconvenienti tecnici si sono registrate alcune interruzioni nell'alimentazione elettrica che hanno fatto sì che il campionamento utile coprisse circa il 68% dell'intero periodo.

Cartuccia	Frazione PM ( $\mu\text{m}$ )	Conc ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tempo (h)	PM tot ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1 SOTTOVENTO	PM > 10	5,4	40	39	33	17
	10 > PM > 2.5	16,1				
	PM < 2.5	17,1				
2 SOPRAVENTO	PM > 10	1,8	123	27	26	15
	10 > PM > 2.5	11,0				
	PM < 2.5	14,6				
3 CALMA	PM > 10	3,1	242	25	22	14
	10 > PM > 2.5	8,0				
	PM < 2.5	13,5				

**Tabella 62 – Concentrazioni di PM presso Banchina ENEL nella campagna.**

Dalla Tabella risulta evidente che lo strumento è risultato sottovento alla sorgente scarico carbone per sole 40 ore, circa il 10% del tempo totale mentre per il resto ha campionato circa per il 30% in stato di sopravvento e per il rimanente 60% in condizioni di calma.

Analizzando anche la Figura sottostante si evidenziano alcune differenze nei valori di concentrazione del particolato nei diversi settori e per le diverse frazioni, in particolare

- valori lievemente più elevati per tutte le frazioni nel settore sottovento alla sorgente scarico del carbone,
- valori assolutamente comparabili per tutte le frazioni negli altri due settori.

Si evidenzia però che l'analisi soprariportata rischia di avere scarsa significatività alla luce del limitato numero di ore spese nel settore sottovento.

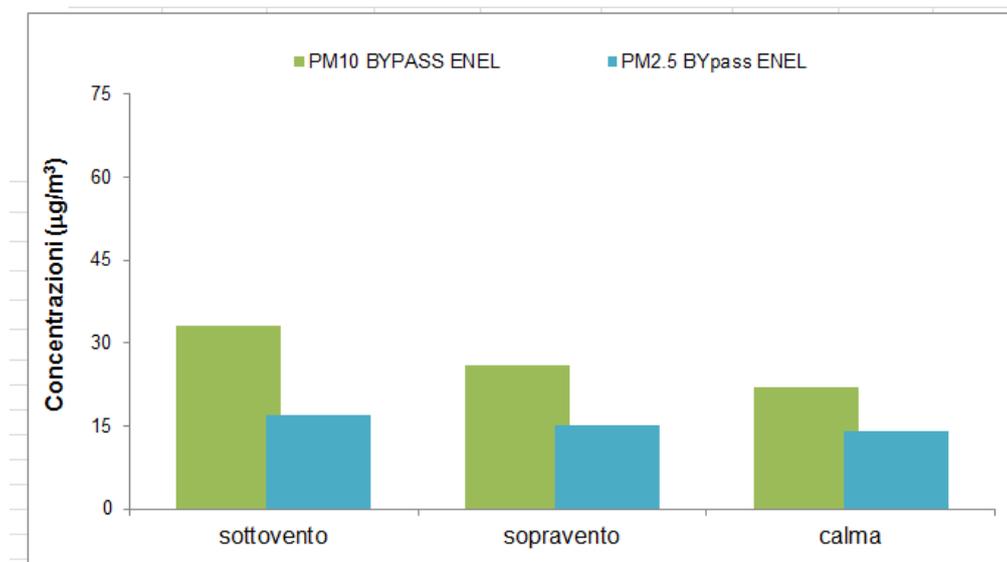


Figura 85- Concentrazioni misurate nei diversi settori nella campagna.

Nella seguente tabella invece sono riportati i valori di concentrazione delle tre frazioni di particolato nel periodo rilevati dai campionatori vento selettivi e quelli rilevati mediante campionatori standard nella stazione di RQA della Spezia di Fossamastra (per il PM10 e PM 2.5) e a Bypass (ambito P18) per il PTS.

	PTS	PM10	PM2,5
<b>WS1 - Bypass</b>	30	27	15
<b>Bypass</b>	45	-	-
<b>Fossamastra</b>	-	21	11

Tabella 63 –Confronto tra PTS, PM10, PM2.5 ottenuti mediante campionatore vento selettivo a Banchina ENEL e campionatore standard presso i siti sopra indicati (valori in µg/m<sup>3</sup>).

Come si nota dalla Tabella le concentrazioni delle frazioni di particolato presentano alcune differenze rispetto a quelle misurate con i campionatori standard, rilevanti per la componente più grossolana (PTS) che è risultata per il vento selettivo inferiore di circa il 50%. La causa di questa differenza può essere con buona probabilità attribuita al fatto che la misura con il campionatore standard è stata effettuata a circa 2 m dal suolo, mentre quella con il vento selettivo a circa 6 m, dove la frazione più grossolana, in un

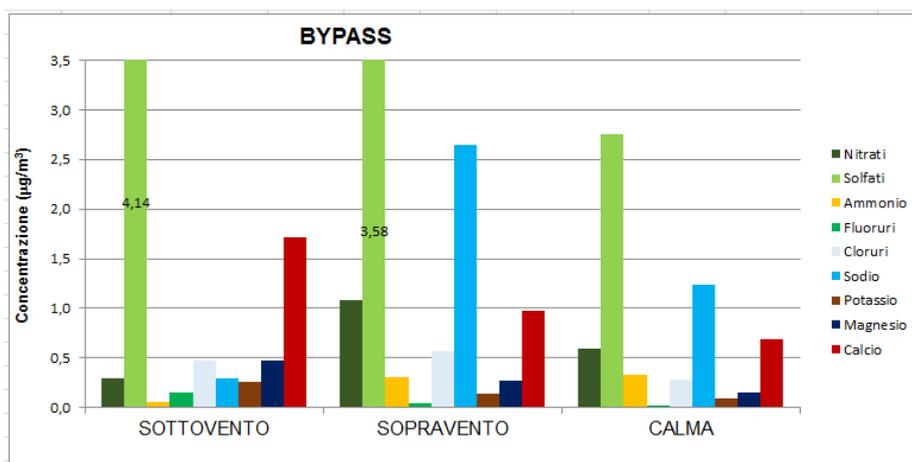
contesto dove i meccanismi di risollevarimento sono rilevanti, arriva in quantità più ridotta.

Sui filtri sui quali è stata raccolta la componente di particolato con diametro aerodinamico inferiore a  $10 \mu\text{m}$  (cioè quelli relativi alla frazione  $10 > \text{PM} > 2.5$  e  $\text{PM} < 2.5$ ) è stata condotta la speciazione di metalli e ioni al fine di avere una visione più ampia e completa.

Si riportano di seguito i dati di concentrazione degli ioni analizzati per ciascuna cartuccia con una rappresentazione grafica dei risultati.

Settori	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NH}_4^+$	$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$
<b>SOTTOVENTO</b>	0,29	4,14	0,06	0,16	0,48	0,29	0,26	0,48	1,72
<b>SOPRAVENTO</b>	1,08	3,58	0,31	0,04	0,57	2,65	0,14	0,27	0,98
<b>CALMA</b>	0,60	2,75	0,33	0,02	0,28	1,24	0,10	0,15	0,69

**Tabella 64 – Dati di concentrazione degli ioni per ciascun settore ottenuti mediante campionatore vento selettivo (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**



**Figura 86- Concentrazioni di ioni misurate nei diversi settori durante campagna.**

Il valore di concentrazione più elevato tra gli ioni risulta essere quello dei solfati in tutti i settori; per gli altri ioni la differenza di concentrazione più rilevante si rileva per il sodio scarsamente presente nel settore sottovento alla sorgente.

Si riportano di seguito i dati di concentrazione dei metalli analizzati per ciascuna cartuccia suddivisi tra minoritari e maggioritari e con una rappresentazione grafica dei risultati.

Settori	As	Pb	Ni	Ti	V	Cr	Mn	Cu	Sb	Se
<b>SOTTOVENTO</b>	0,0022	0,003	0,012	0,028	0,006	0,0182	0,011	0,012	0,0021	0,0022
<b>SOPRAVENTO</b>	0,0007	0,002	0,006	0,012	0,004	0,0060	0,007	0,009	0,0003	0,0007
<b>CALMA</b>	0,0003	0,002	0,003	0,009	0,002	0,0040	0,005	0,008	0,0006	0,0004

**Tabella 65 – Dati di concentrazione dei metalli minoritari per ciascun settore ottenuti mediante campionatore vento selettivo (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

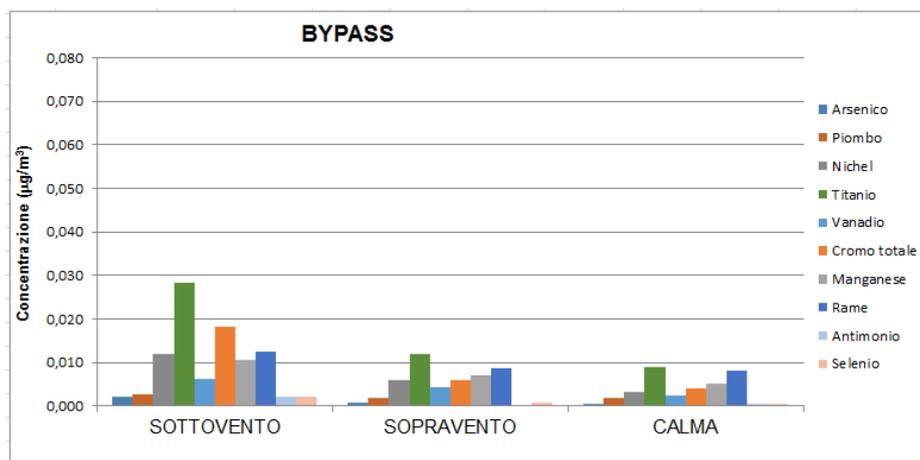


Figura 87- Concentrazioni dei metalli minoritari nei settori durante la campagna (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Settori	Al	Zn	Ba	Fe
SOTTOVENTO	0,53	0,05	0,04	0,44
SOPRAVENTO	0,31	0,03	0,02	0,27
CALMA	0,21	0,02	0,01	0,28

Tabella 66 – Dati di concentrazione dei metalli maggioritari per ciascun settore ottenuti mediante campionatore vento selettivo durante la campagna (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

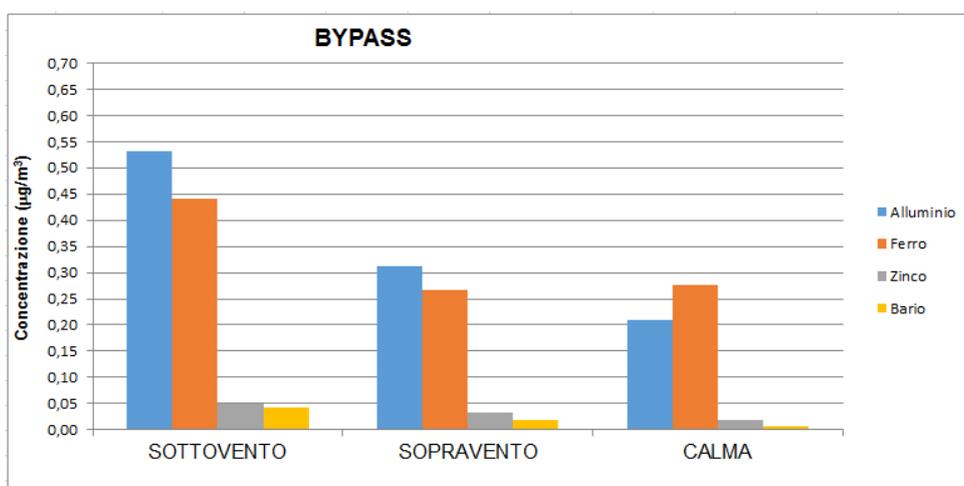


Figura 88- Concentrazioni dei metalli maggioritari nei diversi settori (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Anche in questa campagna, i valori più elevati di concentrazione si rilevano per Ni, Ti, Cr, Sb, Al e Fe nel settore sottovento alla sorgente, che per altro è risultato essere solo il 10% del tempo di campionamento e quindi con ridotta rappresentatività.

### **6.3.3 Conclusioni attività di monitoraggio con campionatore vento selettivo**

In conclusione, dall'analisi delle campagne condotte con campionatori vento selettivi non emerge una correlazione significativa con lo scarico del carbone.

In particolare, si evidenzia quanto segue:

- per quanto concerne la concentrazione di particolato:
  - nella campagna invernale (effettuata solo in Banchina) emergono valori di concentrazione di particolato di gran lunga inferiori nel settore sottovento all'area di scarico del carbone rispetto a quelli degli altri due settori: il dato ha però scarsa rilevanza visto il numero limitato di ore spese in quel settore;
  - nella campagna estiva si evidenziano in entrambe le postazioni utilizzate (Bypass e Banchina) valori più elevati per tutte le frazioni nel settore sottovento alla sorgente scarico del carbone, anche se il numero limitato di ore spese nella condizione di sottovento nel sito di Bypass e una possibile anomalia nella misura in Banchina rendono meno solida questa considerazione;
- per quanto concerne la concentrazione delle specie ioniche:
  - nella campagna invernale (effettuata solo in Banchina) il valore di concentrazione più elevato tra gli ioni risulta quello del Calcio nel settore sottovento alla sorgente mentre per gli altri ioni le differenze di concentrazione tra i diversi settori di vento sono meno rilevanti;
  - nella campagna estiva in Banchina il valore di concentrazione più elevato tra gli ioni risulta quello dei solfati nel settore sottovento alla sorgente, a Bypass sono ancora i solfati quelli maggiormente presenti, ma senza particolari distinzioni tra i settori;
- per quanto concerne la concentrazione dei metalli:
  - nella campagna invernale (effettuata solo in Banchina) risultano valori più elevati di concentrazione per Ni, Ti e Al nel settore sottovento alla sorgente, mentre per gli altri metalli non evidenziano differenze significative;
  - nella campagna estiva in entrambi i siti i valori più elevati di concentrazione si rilevano per Ni, Ti, Cr, Sb, Al e Fe nel settore sottovento alla sorgente.

## 6.4 Il monitoraggio del traffico

Dall'analisi dei dati (v. Appendice 6) si evidenzia anche per il 2018 che:

- la zona è soggetta ad elevato traffico, valutabile nel transito in inverno su Viale San Bartolomeo di 6000-8000 veicoli totali dal lunedì al venerdì e di circa 5000 il sabato e la domenica. In estate si è notato un incremento significativo del transito dei veicoli in tutti i giorni della settimana;
- nella zona di Darsena sia in inverno sia in estate si conteggiano circa 1000 transiti giornalieri dal lunedì al venerdì e un netto calo il sabato e la domenica in estate, per lo più autoveicoli;
- il traffico pesante subisce rispetto ai giorni lavorativi una generale riduzione il sabato e la domenica in inverno, meno evidente in estate probabilmente per la presenza di traffico turistico.

Nella zona di Viale San Bartolomeo, prossima alla Banchina Enel, si evidenzia un numero di veicoli molto più elevato rispetto a quello di Darsena, ad indicare la forte pressione antropica insistente sulla zona dovuta al traffico veicolare.

## 7 SINTESI DEI RISULTATI DEL MONITORAGGIO FINO AL 2018

In questo paragrafo sono sinteticamente valutati i risultati delle campagne della prescrizione 18 effettuate dal 2014 al 2018 elencate nella successiva tabella. In particolare, sono stati analizzati gli andamenti riscontrati e valutati i risultati medi dei periodi di scarico e movimentazione di carbone a confronto con quelli in assenza di scarico (campagna **P18 14/0**). La campagna di bianco **P18 17/0** non è stata considerata nelle elaborazioni a causa della sua peculiarità meteorologica (vedi cap. 2) e per tale motivo non è riportata nella tabella seguente.

Campagne prescrizione 18				
Anno	Codifica	Data	Quantità carbone movimentato (t)	Note
2014	P18 14/0	24/05 – 15/06/14	0	Campagna di "bianco"
2014	P18 14/1	06/08 – 08/09/14	182221	Campagna di monitoraggio estiva
2015	P18 15/1	04/02 – 04/03/15	173912	Campagna di monitoraggio invernale
2015	P18 15/2	23/07 – 02/09/15	151750	Campagna di monitoraggio estiva
2016	P18 16/1	04/03 – 06/04/16	152886	Campagna di monitoraggio invernale
2016	P18 16/2	17/07 – 24/08/16	177458	Campagna di monitoraggio estiva
2017	P18 17/1	12/01 – 08/02/17	131392	Campagna di monitoraggio invernale
2017	P18 17/2	29/06 – 01/08/17	64683	Campagna di monitoraggio estiva
2018	P18 18/1	18/01 – 22/02/18	66000	Campagna di monitoraggio invernale
2018	P18 18/2	28/06 – 01/08/18	45674	Campagna di monitoraggio estiva

**Tabella 67 - Sintesi delle campagne della prescrizione 18.**

Al riguardo delle campagne effettuate si riportano le seguenti osservazioni:

- nel complesso sono state condotte cinque campagne estive e quattro invernali di monitoraggio con la Centrale in funzionamento normale e con scarico di carbone;
- la campagna **P18 14/0** è stata una campagna di bianco, a Centrale ferma e senza scarico di carbone, parzialmente anomala solo per la postazione di **Bypass**, in quanto erano in corso presso la banchina ENEL una serie di lavori di manutenzione;
- durante le campagne del **2015** si sono verificate presso la postazione di **Bypass**, modifiche della viabilità.

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

- Campagne con eventi anomali meteorologici e locali:
  - durante la **P18 15/2** si sono verificate due eventi temporaleschi che hanno visto cadere oltre il 50% della pioggia del periodo: uno superiore ai 50 mm e l'altro prossimo ai 120 mm;
  - durante la **P18 17/0** si è verificato un evento di Saharan Dust di grandi proporzioni che, insieme a forte vento, ha determinato oltre a trasporto di sabbia, anche risollevarimento di elementi antropici/industriali (non è stata quindi raggruppata all'altra di bianco per calcoli ed elaborazioni medie).
- Campagne con episodi di incendi:
  - durante la **P18 16/1**, il 23/03/2016 si è verificato un importante incendio di un edificio civile nei pressi della postazione di **Bypass**.

Relativamente alla postazione di Bypass, dal 2014 al 2015, il deposimetro è stato collocato a 6 metri da terra. Successivamente è stato ricollocato a livello del suolo, in analogia con gli altri deposimetri, e con punto di campionamento a 2 m da terra. I dati antecedenti il 2016 sono stati quindi ricalcolati con un opportuno fattore correttivo ricavato da misure in parallelo (par. 5.3 del Rapporto P14 2016<sup>16</sup>).

## 7.1 Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili

Nella figura seguente è riassunto il rateo di deposizione delle polveri sedimentabili misurato nelle postazioni di Banchina Enel, Bypass, Torre T4 e Torre T7. Fino al 2016, la postazione di Diffusore è stata utilizzata per valutare il livello di fondo, ma dal 2017 è stata sostituita da quella di Ravano. Nel grafico è inoltre riportata l'entità delle precipitazioni occorse nel periodo, in mm di precipitazione.

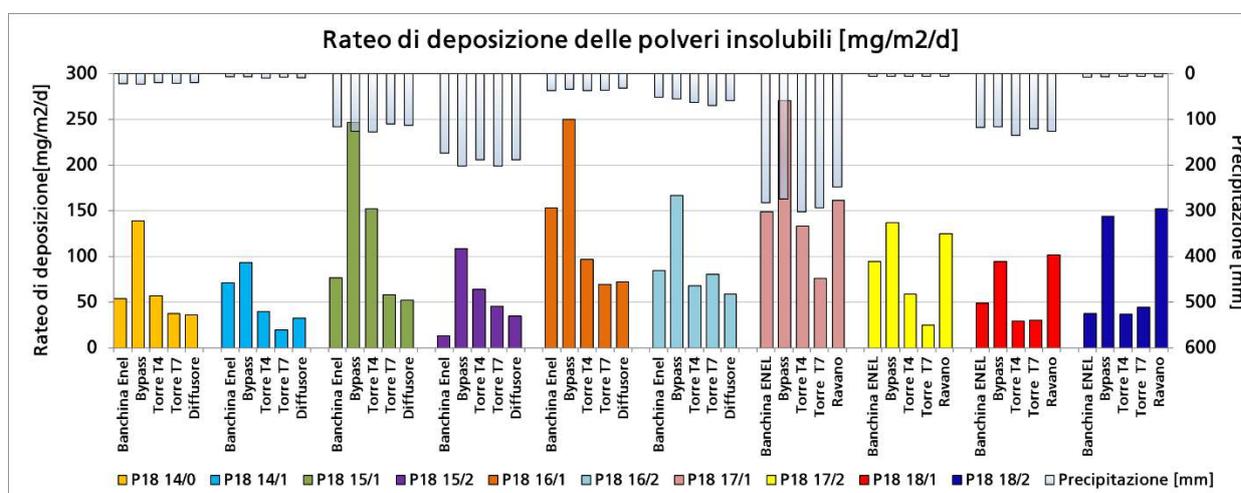


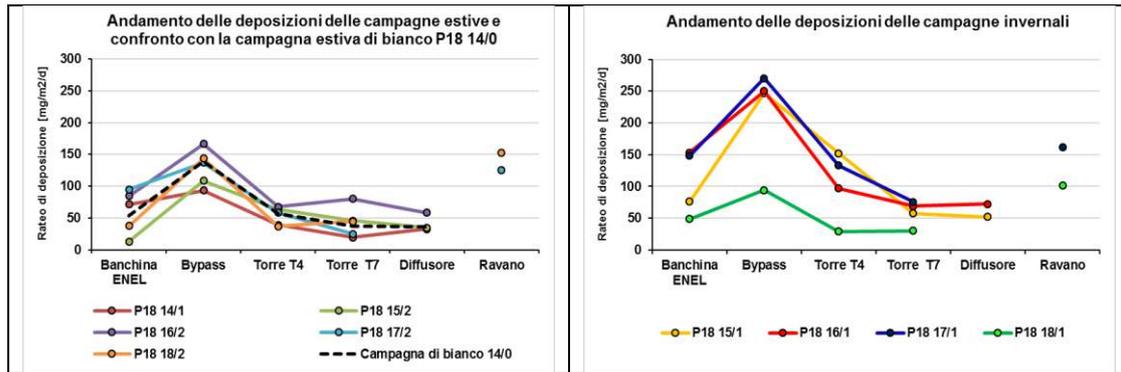
Figura 89 - Rateo di deposizione delle polveri insolubili delle campagne.

Tenendo conto della loro estrema variabilità, i ratei delle polveri sedimentabili sono comunque risultati con valori confrontabili in tutte le campagne eccetto per le campagne invernali **P18 15/1**, **16/1**, **17/1** in cui si sono avute deposizioni di polveri relativamente elevate nelle postazioni di Banchina ENEL, Bypass, Torre T4 e Ravano, rispetto alle altre campagne. Tale rialzo potrebbe dipendere in realtà da fattori stagionali.

Salvo i ratei misurati nella postazione di Bypass, quasi sempre uguali o maggiori di 100 mg/m<sup>2</sup>/d, nelle altre postazioni si sono rilevati valori superiori a 100 mg/m<sup>2</sup>/d solo nelle campagne **P18 15/1** per Torre T4, **P18 16/1** per Banchina ENEL, **P18 17/1** per Banchina ENEL, Torre T4 e Ravano e nella **P18 17/2** per Ravano. Tutti i valori di deposizione rilevati si collocano comunque al di sotto dei valori di riferimento normalmente adottati da alcune nazioni europee (300 mg/m<sup>2</sup>/d, vedi Tabella 18).

Per quanto riguarda le campagne estive condotte con scarico di carbone i ratei sono rimasti simili a quelli rilevati durante la campagna di bianco (P18 14/0, estiva) mentre in inverno i ratei sono stati complessivamente più elevati), come si coglie dalle figure sottostanti:

<sup>16</sup> "Report monitoraggio prescrizione 14 - anno 2016", Prot. ARPAL n.2778 del 26/01/2018.

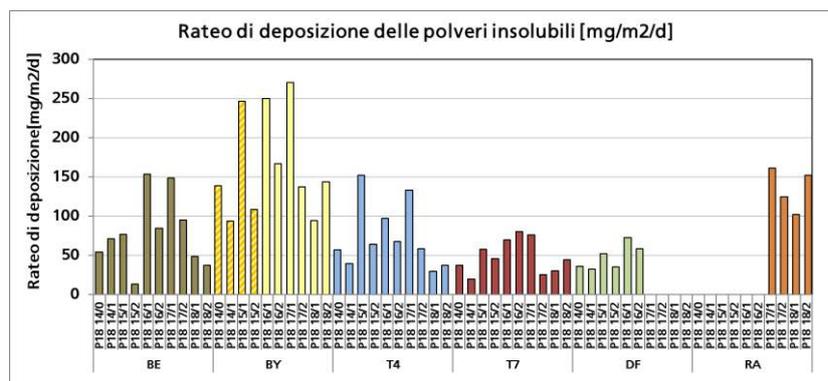


**Figura 90 - Andamento delle deposizioni delle campagne estive e invernali e confronto con campagna di bianco estiva P18 14/0.**

Complessivamente, un fattore risultato abbastanza costante in tutte le campagne è stato la diminuzione dei ratei di polveri sedimentabili man mano che ci si allontana dalla costa. Tale effetto risultava meno evidente per Diffusore, in quanto la relativa lontananza dall'asse viario e la schermatura della sua collocazione rispetto alle attività portuali di movimentazione merci hanno limitato la sua rappresentatività nella valutazione delle deposizioni costiere non influenzate dallo scarico del carbone. È stata pertanto ridefinita la collocazione della postazione non influenzata dallo scarico del carbone sostituendola, a partire dal 2017 con la postazione di Ravano, che ha presentato elevati tassi di deposizione, paragonabili a quelli di Bypass, probabilmente dovuti alle limitrofe attività portuali.

Le modeste variazioni osservate durante i diversi regimi di scarico e movimentazione del carbone rientrerebbero quindi, oltre che nella variabilità insita nella misura, anche nelle caratteristiche intrinseche del sito.

Nella Figura 91 sono confrontati i valori dei ratei di ogni campagna ordinando le postazioni dalle più prossime allo scarico del carbone (Banchina ENEL, Bypass e Torre T4) alle più lontane (Torre T7, Diffusore e Ravano). Come anticipato, i valori di Bypass per le campagne antecedenti il 2016 sono stati ricalcolati applicando un fattore correttivo testato e consolidato negli anni dovuto al cambio di altezza da terra del deposimetro (barre tratteggiate nel grafico sottostante).

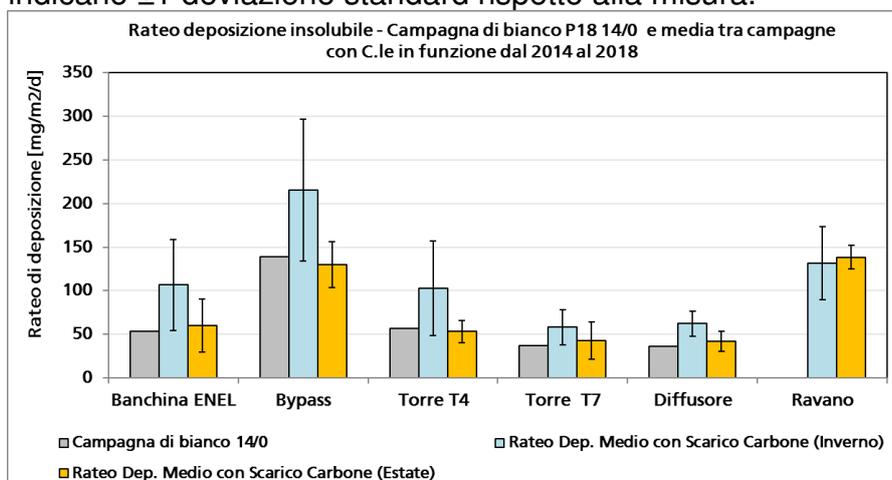


**Figura 91 - Rateo di deposizione delle polveri insolubili delle campagne. Le barre tratteggiate indicano i valori di Bypass ricalcolati.**

La figura precedente evidenzia meglio che i ratei di deposizione nelle postazioni sono confrontabili nelle campagne sin qui condotte, con le seguenti eccezioni:

- anomalo basso rateo misurato in Banchina ENEL (BE) nella campagna estiva del 2015 (**P18 15/2**).
- alto rateo misurato in Torre T4 (T4) nella campagna invernale 2015 (**P18 15/1**), confrontabile tuttavia con quanto misurato nelle campagne invernali del 2017;
- ratei di deposizione di polveri misurati a Ravano nelle campagne del 2017 simili a quelli misurati a Bypass e a Banchina ENEL nelle campagne **P18 16/2** e **17/1**.

Di seguito è confrontato il rateo di deposizione **medio** delle polveri misurate durante le campagne estive e invernali effettuate con movimentazione del carbone e la campagna di bianco **P18 14/0**. Le barre di errore sovrapposte al valore medio relativo allo scarico del carbone indicano  $\pm 1$  deviazione standard rispetto alla misura.



**Figura 89 - Confronto rateo di deposizione medio delle polveri insolubili misurato durante la campagna di bianco estiva (14/0) e nei periodi di scarico di carbone in estate e inverno.**

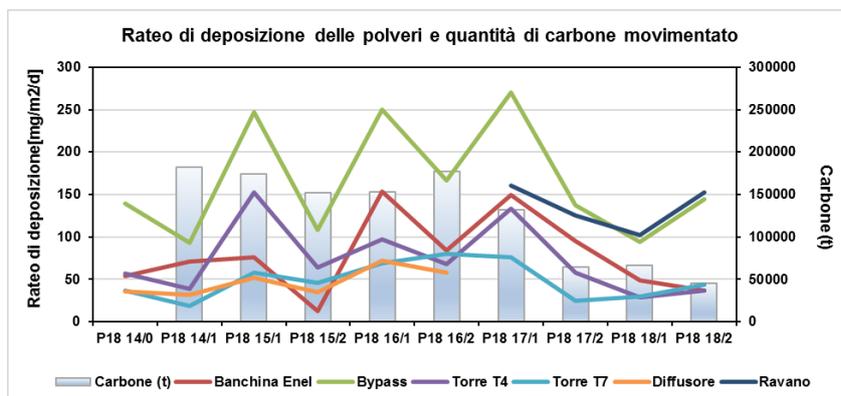
Dall'istogramma precedente si può osservare che i valori medi estivi di deposizione di polveri durante lo scarico e movimentazione del carbone per tutte le postazioni sono prossimi a quelli della campagna di bianco **P18 14/0**, estiva, mentre quelli invernali sono generalmente più elevati. Pur nella limitatezza nei dati, il valore estivo di Ravano è confrontabile con quello di Bypass, mentre quello invernale risulta intermedio tra quelli di Bypass, Banchina Enel e Torre T4 e Diffusore e Torre T7.

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione delle polveri e la quantità di carbone movimentata in ciascuna campagna:

Rateo di deposizione delle polveri e quantità di carbone movimentato							
Campagne	Carbone (t)	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Diffusore	Ravano
P18 14/0	0	54	139	57	37	36	-
P18 14/1	182221	71	93	39	19	32	-
P18 15/1	173912	76	247	152	58	52	-
P18 15/2	151750	13	108	64	46	35	-
P18 16/1	152886	153	250	97	69	72	-
P18 16/2	177458	84	167	68	80	58	-
P18 17/1	131392	149	270	133	76	-	161
P18 17/2	64683	95	137	58	25	-	125
P18 18/1	66000	49	94	29	30	-	102
P18 18/2	45674	37	144	37	44	-	152

**Tabella 68 - Rateo di deposizione delle polveri e quantità di carbone movimentato (2014 - 2018).**

I dati della precedente tabella sono riportati in forma grafica nella figura seguente:



**Figura 92 - Rateo di deposizione delle polveri e quantità di carbone movimentato (2014 - 2018).**

Dall'esame della figura precedente risaltano immediatamente alcuni aspetti:

- una relativa costanza di scarico del carbone tra il 2014 e l'inverno del 2017 a meno della campagna di bianco;
- a partire dall'estate del 2017, la quantità di carbone scaricato è nettamente diminuita, circa il 50% in meno dei periodi precedenti;
- una netta dipendenza dei ratei di deposizione dalla stagionalità in quasi tutte le postazioni con massimi relativi in inverno e minimi relativi in estate, meno accentuata nel 2018, dovuta principalmente alla ridotta deposizione durante la campagna invernale P18 18/1. D'altra parte risultati analoghi sono stati riscontrati anche durante la concomitante P14 18/1 (vedi rapporto P14 2018), plausibilmente per cause meteorologiche che hanno diminuito la polverosità in aria;
- non si nota una correlazione tra ratei deposizione e quantità di carbone movimentato.

Ad avvalorare l'ultima considerazione, si è eseguita una analisi di correlazione tra il rateo di deposizione di polveri e la quantità di carbone movimentato, valutando il valore del coefficiente di *Pearson* ( $C_p$ ), il quale assume il valore di +1 nel caso di massima correlazione positiva e -1 nel caso di massima correlazione negativa mentre zero indica l'assenza di correlazione. I risultati sono riportati nella tabella seguente:

<i>Correlazione di Pearson</i> ( $C_p$ )	<i>Quantità carbone</i> <i>movimentato</i>
Banchina Enel	0,29
Bypass	0,31
Torre T4	0,45
Torre T7	0,43
Diffusore	0,30
Ravano	0,45

**Tabella 69 - Correlazione di *Pearson* tra rateo di deposizione di polveri e carbone movimentato.**

In nessun caso si hanno valori del coefficiente di *Pearson* indicativi di una significativa correlazione.

## 7.1.1 Deposizioni di metalli contenuti nelle polveri sedimentabili

Nei grafici seguenti sono riassunti i ratei di deposizione dei metalli in ciascuna postazione, determinati nelle campagne dal 2014 al 2017, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ . Si ricorda che le scale dei componenti minoritari (As, Cd, Hg, Tl) e maggioritari (Cr, Ni, Pb, Cu, Mn, V) sono diverse e che i valori di Bypass per le campagne antecedenti il 2016 sono stati ricalcolati.

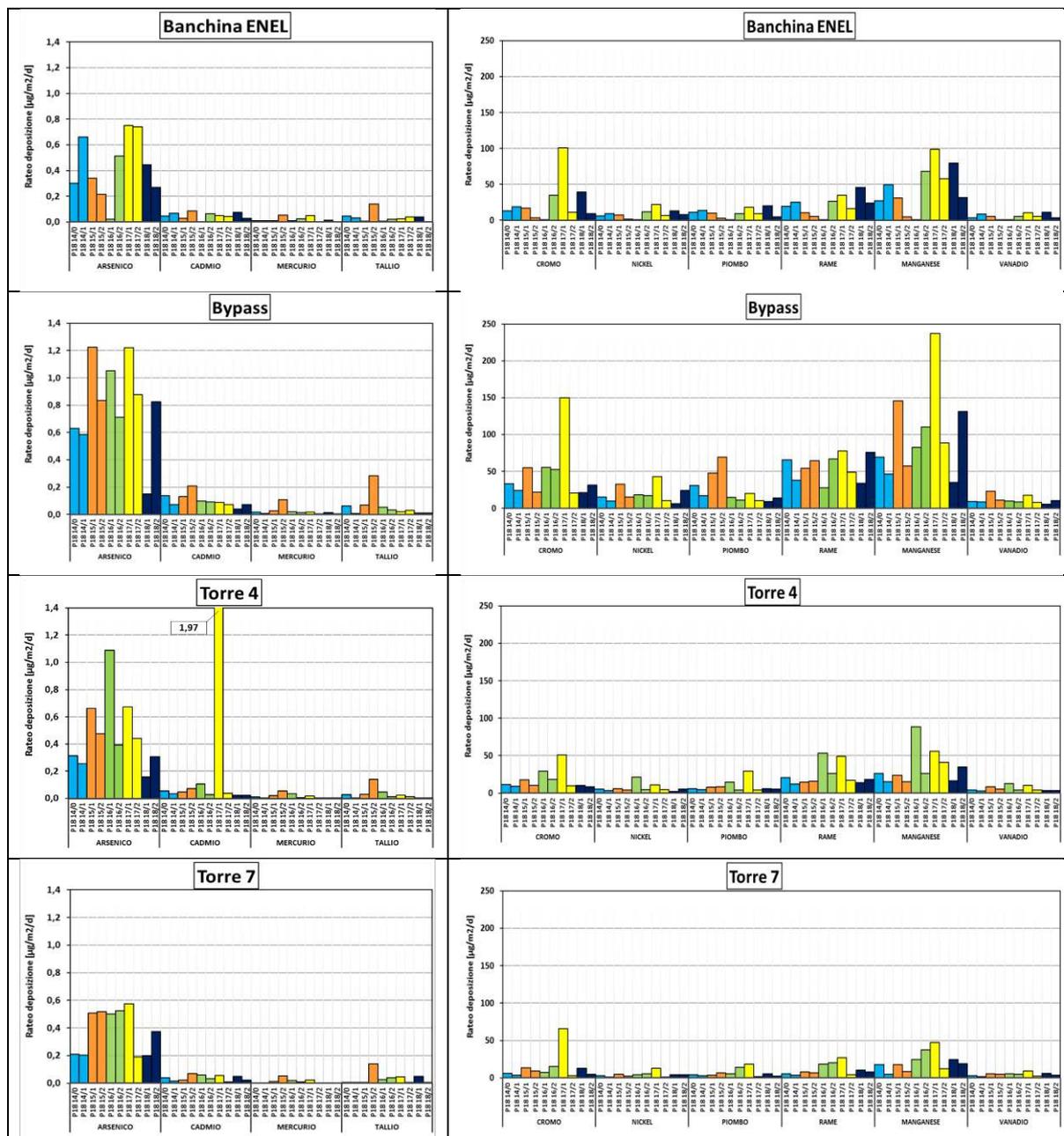


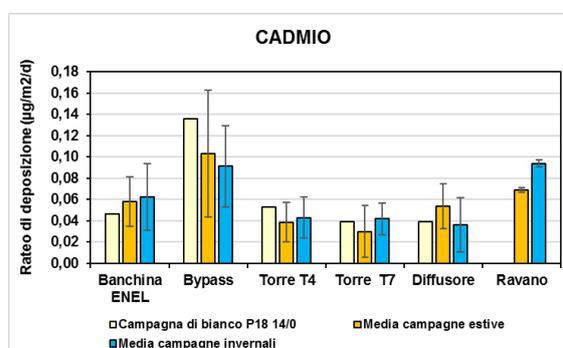
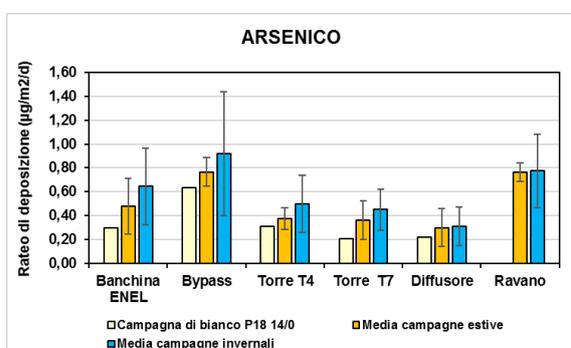
Figura 93 - Deposizione di metalli nelle polveri insolubili - Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7. Ravano non è riportato perché presente solo nell'ultimo biennio.

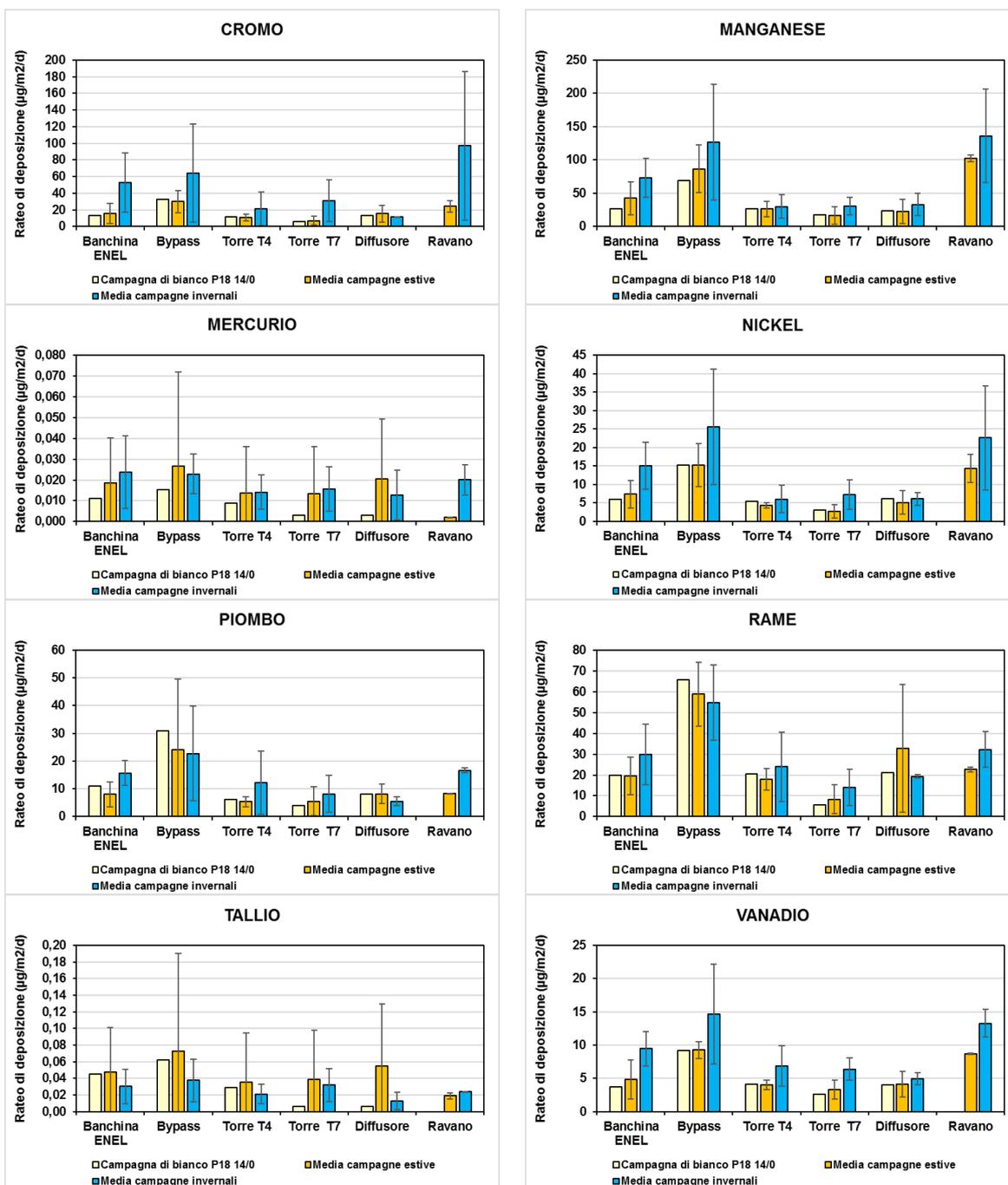
Dai grafici sopra riportati è possibile rilevare che le deposizioni di metalli più elevate sono state misurate in genere a Bypass, in analogia con l'entità delle deposizioni di polveri. In particolare, a Bypass si evidenzia una maggiore deposizione di quei metalli (Cr, Ni, Mn, V) che sono associabili a sorgenti antropiche quali traffico veicolare o intra-portuale, combustione, attività industriali. Nella tabella e nei grafici che seguono sono riassunti i ratei medi  $\pm 1$  dev.st delle campagne estive e invernali a confronto con la campagna di bianco estiva P18 14/0:

	Rateo di deposizione (Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ )	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Diffusore	Ravano
	<b>ARSENICO</b>	P18 14/0	0,3	0,6	0,3	0,2	0,2
	Campagne Estive	$0,48 \pm 0,23$	$0,77 \pm 0,12$	$0,37 \pm 0,09$	$0,36 \pm 0,16$	$0,30 \pm 0,16$	$0,76 \pm 0,08$
	Campagne Invernali	$0,65 \pm 0,32$	$0,92 \pm 0,52$	$0,50 \pm 0,24$	$0,45 \pm 0,17$	$0,31 \pm 0,16$	$0,78 \pm 0,31$
<b>CADMIO</b>	P18 14/0	0,05	0,14	0,05	0,04	0,04	n.d.
	Campagne Estive	$0,06 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,06$	$0,04 \pm 0,02$	$0,03 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,002$
	Campagne Invernali	$0,06 \pm 0,03$	$0,09 \pm 0,04$	$0,04 \pm 0,02^*$	$0,04 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,03$	$0,09 \pm 0,003$
<b>CROMO</b>	P18 14/0	13	33	11	6	14	n.d.
	Campagne Estive	$16 \pm 12$	$30 \pm 13$	$11 \pm 4$	$7 \pm 5$	$16 \pm 10$	$24 \pm 7$
	Campagne Invernali	$53 \pm 35$	$64 \pm 59$	$22 \pm 20$	$31 \pm 25$	$12 \pm 0$	$97 \pm 90$
<b>MANGANESE</b>	P18 14/0	27	69	26	17	23	n.d.
	Campagne Estive	$42 \pm 25$	$87 \pm 36$	$26 \pm 12$	$16 \pm 13$	$23 \pm 19$	$102 \pm 5$
	Campagne Invernali	$73 \pm 29$	$127 \pm 86$	$30 \pm 18$	$31 \pm 13$	$33 \pm 17$	$136 \pm 70$
<b>MERCURIO</b>	P18 14/0	0,01	0,02	0,01	0,003	0,003	n.d.
	Campagne Estive	$0,02 \pm 0,02$	$0,03 \pm 0,05$	$0,01 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,02$	$0,02 \pm 0,03$	$0,002 \pm 0,00001$
	Campagne Invernali	$0,02 \pm 0,02$	$0,02 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$
<b>NICKEL</b>	P18 14/0	6	15	6	3	6	n.d.
	Campagne Estive	$7 \pm 4$	$15 \pm 6$	$4 \pm 1$	$3 \pm 2$	$5 \pm 3$	$14 \pm 4$
	Campagne Invernali	$15 \pm 6$	$26 \pm 16$	$6 \pm 4$	$7 \pm 4$	$6 \pm 2$	$23 \pm 14$
<b>PIOMBO</b>	P18 14/0	11,1	31,0	6,1	4,0	8,0	n.d.
	Campagne Estive	$8 \pm 4$	$24 \pm 25$	$5 \pm 2$	$6 \pm 5$	$8 \pm 4$	$8 \pm 0,2$
	Campagne Invernali	$16 \pm 5$	$23 \pm 17$	$12 \pm 11$	$8 \pm 7$	$5 \pm 2$	$17 \pm 1$
<b>RAME</b>	P18 14/0	20	66	21	6	21	n.d.
	Campagne Estive	$19 \pm 9$	$59 \pm 15$	$18 \pm 5$	$8 \pm 7$	$33 \pm 31$	$23 \pm 1$
	Campagne Invernali	$30 \pm 15$	$55 \pm 18$	$24 \pm 17$	$14 \pm 9$	$19 \pm 1$	$32 \pm 9$
<b>TALLIO</b>	P18 14/0	0,04	0,06	0,03	0,01	0,01	n.d.
	Campagne Estive	$0,05 \pm 0,05$	$0,07 \pm 0,12$	$0,04 \pm 0,06$	$0,04 \pm 0,06$	$0,05 \pm 0,07$	$0,02 \pm 0,004$
	Campagne Invernali	$0,03 \pm 0,02$	$0,04 \pm 0,03$	$0,02 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,0002$
<b>VANADIO</b>	P18 14/0	4	9	4	3	4	n.d.
	Campagne Estive	$5 \pm 3$	$9 \pm 1$	$4 \pm 1$	$3 \pm 1$	$4 \pm 2$	$9 \pm 0,1$
	Campagne Invernali	$9 \pm 3$	$15 \pm 8$	$7 \pm 3$	$6 \pm 2$	$5 \pm 1$	$13 \pm 2$

**Tabella 70 - Confronto rateo di deposizione medio  $\pm 1$  dev.st. dei metalli nelle polveri insolubili misurato durante la campagna di bianco estiva (14/0) e nei periodi di scarico di carbone in estate (14/1, 15/2, 16/2, 17/2) e inverno (15/1, 16/1, 17/1). (\*Dato anomalo di 1,97 eliminato della campagna P18 17/1)**

I valori della tabella precedente sono mostrati in forma grafica nelle figure che seguono:





**Figura 94 - Confronto rateo di deposizione medio $\pm$ 1dev.st dei metalli insolubili misurato durante la campagna di bianco estiva (14/0) e nei periodi di scarico di carbone in estate (14/1, 15/2, 16/2, 17/2) e in inverno (15/1, 16/1, 17/1). (\*Dato anomalo di 1,97 eliminato della campagna P18 17/1).**

Analogamente alle polveri, si nota una maggiore deposizione nelle campagne invernali rispetto a quelle estive in Bypass, Torre T4, Torre T7 e talvolta anche in Ravano per i metalli As, Cr (in tutte le postazioni), Mn, Cu, Ni e V. Gli altri metalli (Cd, Hg e Tl) invece risultano maggiormente ubiquitari e non si nota un effetto stagionale. In ogni

caso, i ratei di deposizione dei metalli, ma anche quelli delle polveri sedimentabili, sono entro i valori guida come medie annuali adottati in alcune nazioni europee e tipici di ambienti urbani e rurali europei (v. cap. 5).

### 7.1.2 Concentrazione di metalli nelle deposizioni di polveri sedimentabili

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** dei metalli nelle deposizioni raccolte nelle cinque postazioni nel corso delle campagne.

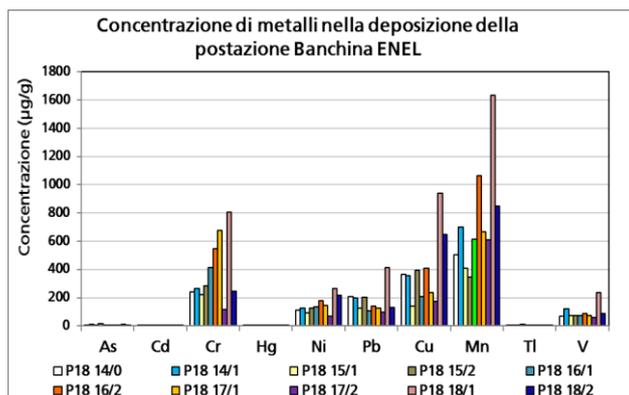


Figura 95 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Banchina ENEL.

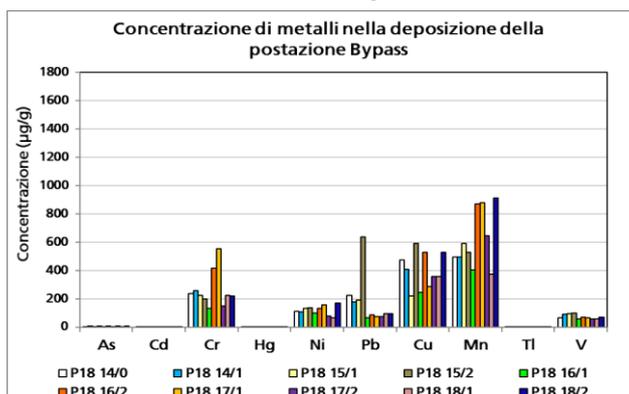


Figura 96 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Bypass.

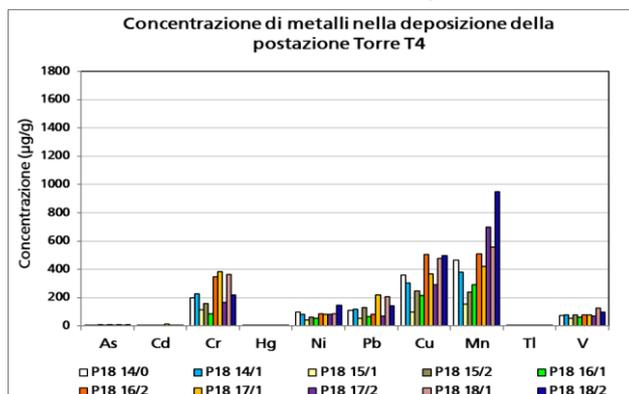


Figura 97 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Torre T4.

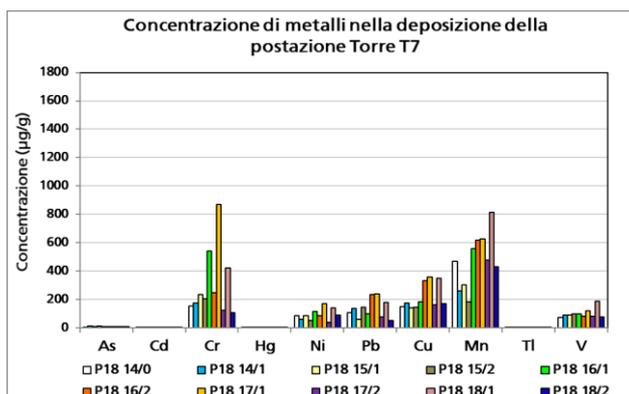


Figura 98 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Torre T7.

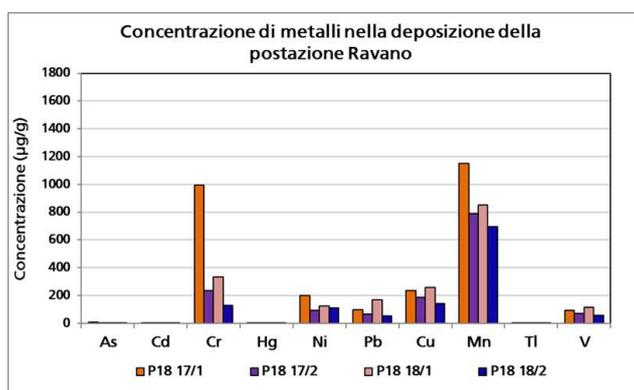


Figura 99 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Ravano.

I metalli ricercati, comprensivi di quelli considerati avversi alla salute umana, sono una componente minoritaria delle polveri depositate e complessivamente hanno rappresentato circa lo 0,2% del totale. I metalli che normalmente vengono rinvenuti in quantità maggiore nelle polveri sono Mn, Cu, Pb, Cr, Ni e V; gli altri risultano minoritari. Focalizzandosi sui metalli maggioritari riscontrati nelle polveri e tenendo sempre presente che, anche per i metalli, ci si deve attendere una ampia escursione dei loro tenori, emerge viceversa un quadro di sostanziale equivalenza della composizione delle polveri che si depositano in ciascuna postazione. In particolare:

- la concentrazione di Ni e V nelle polveri nelle singole postazioni è poco variata nel corso delle campagne, mentre quella di Mn, Cr e Cu risulta più variabile in tutte le postazioni;
- si conferma che anche in termini di concentrazione i metalli tendono a diminuire nelle polveri man mano che ci si allontana dalla fascia costiera.

## 7.2 Indagini mediante SEM e carbonio organico (OC) ed elementare (EC) nelle deposizioni

Le tecniche di *source apportionment* sono di difficile applicazione sulle deposizioni mensili, in quanto fornirebbero un risultato migliore su campioni raccolti giornalmente (ad esempio di particolato PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> o PTS), correlabili con condizioni meteorologiche puntuali e sorgenti locali emissive di polveri di origine antropica o biogenica. Per poter eseguire un *source apportionment* sulle deposizioni mensili, come richiesto dalla Prescrizione P18, si sono applicate due modalità di riconoscimento del carbone: un approccio visuale puntuale basato sulla identificazione al microscopio elettronico delle singole particelle corroborato da microanalisi in XRF e una valutazione distruttiva basata sulla analisi del contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC) e totale (TC), determinati tramite metodo termo-ottico.

Il primo approccio (SEM), di tipo semi-qualitativo, pur essendo molto oneroso in termini di impegno analitico, indaga la superficie dei filtri e risente della estrema eterogeneità delle particelle sedimentate nonché della loro distribuzione granulometrica.

Il secondo approccio prevede la determinazione quantitativa di OC, EC e TC come indicatori delle potenziali sorgenti della componente carboniosa nelle polveri depositate. L'esame integrato dei risultati di queste due tecniche può tuttavia fornire significative indicazioni sulla natura e l'origine delle particelle nelle deposizioni.

La tabella che segue raccoglie e confronta i risultati delle indagini mediante SEM volte a stimare la quantità percentuale di particelle di carbone superficiali nei campioni di deposizione raccolti. I valori sono espressi in % di particelle superficiali identificate come carbone nelle deposizioni. Il valore < 0,1, indica il limite di rilevabilità. Una descrizione della procedura e alcuni esempi di morfologia e spettri di microanalisi SEM di tipiche particelle sono riportati in Appendice 3. Si ricorda che i valori di Bypass per le campagne antecedenti il 2016 sono stati ricalcolati applicando un fattore 2 e contrassegnando i dati nella tabella con un “\*”.

Postazione	P18 14/0	P18 14/1	P18 15/1	P18 15/2	P18 16/1	P18 16/2	P18 17/1	P18 17/2	P18 18/1	P18 18/2
Banchina ENEL	1,9	0,2	<0,1	1,7	0,5	3	0,3	< 0,1	4,9	5,9
Bypass	0,2*	0,8*	<0,1*	<0,1*	0,7	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Torre T4	3,6	4,4	1,4	3,7	5,5	2,5	2,9	0,9	1,5	0,2
Torre T7	<0,1	1,3	2,2	1,3	0,3	4	< 0,1	3	1,4	11,4
Diffusore	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,8	0,2	-	-	-	-
Ravano	-	-	-	-	-	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

**Tabella 71 - Percentuale stimata di particelle di carbone superficiali nei campioni di deposizione.**

Dai risultati sopra riportati emerge chiaramente che la diffusione di particelle riconducibili al carbone incombusto è molto ridotta: il valore più elevato, che si discosta in modo significativo da quelli rilevati da inizio monitoraggio, è quello di Torre T7 della campagna estiva del 2018 (che risente delle possibili emissioni diffuse dal limitrofo carbonile di Val Bosca) con 11%; in Torre T4 si è avuta una deposizione di particelle di carbone abbastanza costante (con un valore medio intorno al 4%) fino alla dismissione del vicino carbonile di Val Fornola, avvenuta nel 2016. In Banchina ENEL (influenzata da eventuali emissioni diffuse durante lo scarico dalle navi) la presenza di carbone incombusto è stata saltuaria, con i valori più elevati riscontrati nel 2018. La diffusione di polveri è rimasta però sempre limitata alla zona della Banchina in quanto non si è

riscontrata nelle postazioni più adiacenti di Bypass, Diffusore e, successivamente alla dismissione di quest'ultima, a Ravano.

Nella tabella che segue sono riportati i valori di deposizione di polveri, carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC), dato dalla somma di OC ed EC ed il valore del rapporto OC/EC. Si ricorda che i valori di Bypass per le campagne antecedenti il 2016 sono stati ricalcolati applicando un fattore 2 e contrassegnando i dati nella tabella con un “\*”.

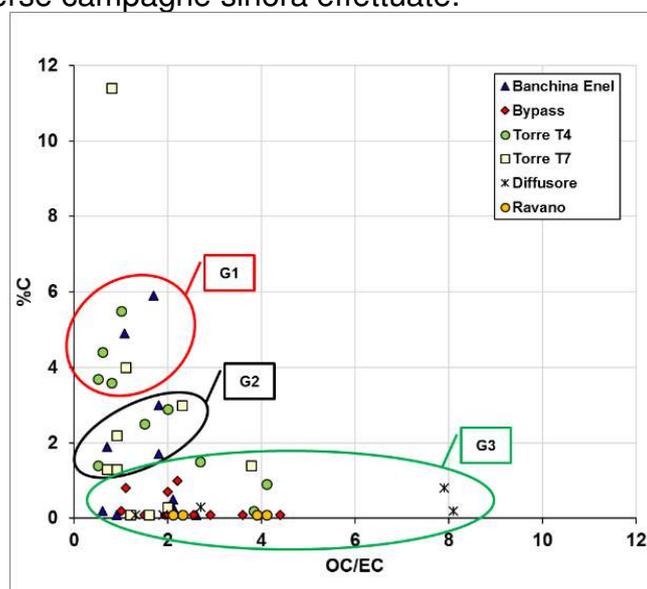
Postazione	Campagna	polveri	OC	EC	TC	OC/EC
Banchina Enel	P18 14/0	54	9,7	13,8	23,5	0,7
	P18 14/1	71	6,0	10,8	16,8	0,6
	P18 15/1	76	7,4	8,3	15,6	0,9
	P18 15/2	13	2,4	1,3	3,7	1,8
	P18 16/1	153	8,5	4,0	12,5	2,1
	P18 16/2	84	13,3	7,6	20,9	1,8
	P18 17/1	149	12,2	5,8	18,0	2,1
	P18 17/2	95	8,9	3,4	12,3	2,6
	P18 18/1	49	2,9	2,7	5,6	1,1
	P18 18/2	37	2,7	1,6	4,3	1,7
Bypass	P18 14/0	138*	19,8*	19*	38,8*	1,0
	P18 14/1	94*	20,2*	18,2*	38,4*	1,1
	P18 15/1	246*	24,6*	17*	41,6*	1,5
	P18 15/2	108*	22*	7,6*	29,4*	2,9
	P18 16/1	250	27,9	14,1	42,0	2,0
	P18 16/2	167	25,4	11,8	37,2	2,2
	P18 17/1	270	20,6	5,7	26,3	3,6
	P18 17/2	137	12,9	2,9	15,8	4,4
	P18 18/1	94	2,8	1,1	3,9	2,5
	P18 18/2	144	10,7	5,5	16,3	1,9
Torre T4	P18 14/0	57	11,6	14,5	26,2	0,8
	P18 14/1	39	11,9	20,5	32,4	0,6
	P18 15/1	152	14,9	28,6	43,5	0,5
	P18 15/2	64	6,9	13,1	19,9	0,5
	P18 16/1	97	12,2	11,8	24,1	1,0
	P18 16/2	68	9,4	6,1	15,5	1,5
	P18 17/1	133	19,0	9,6	28,6	2,0
	P18 17/2	58	7,0	1,7	8,7	4,1
	P18 18/1	29	3,5	1,3	4,8	2,7
	P18 18/2	37	2,3	0,6	2,9	3,8
Torre T7	P18 14/0	37	16,2	14,1	30,3	1,2
	P18 14/1	19	13,3	20,0	33,3	0,7
	P18 15/1	58	8,5	9,8	18,3	0,9
	P18 15/2	46	4,8	5,5	10,2	0,9
	P18 16/1	69	8,9	4,4	13,3	2,0
	P18 16/2	80	10,4	9,9	20,3	1,1
	P18 17/1	76	9,1	5,6	14,7	1,6
	P18 17/2	25	4,3	1,9	6,2	2,3
	P18 18/1	30	4,9	1,3	6,2	3,8
	P18 18/2	44	2,3	2,9	5,2	0,8
Diffusore	P18 14/0	36	14,1	7,4	21,5	1,9
	P18 14/1	32	14,4	11,2	25,7	1,3
	P18 15/1	52	5,4	2,8	8,2	1,9
	P18 15/2	35	2,7	1	3,7	2,7
	P18 16/1	72	10,3	1,3	11,6	7,9
	P18 16/2	58	9,5	1,2	10,6	8,1
Ravano	P18 17/1	161	20,7	5,1	25,9	4,1
	P18 17/2	125	17,4	4,5	21,9	3,9
	P18 18/1	102	3,7	1,6	5,3	2,3
	P18 18/2	152	13,5	6,4	20,0	2,1

**Tabella 72 - Deposizione di polveri, carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC). Valori in mg/m<sup>2</sup>/d.**

La prima osservazione che emerge è che vi è una modesta correlazione tra quantità di polveri depositate e il loro contenuto di carbonio OC e EC, in accordo con il fatto che una pluralità di sorgenti indipendenti può contribuire ad esso. Si osserva inoltre:

- un minimo relativo del carbonio totale (TC) nelle campagne estive del 2015 e per 2017 (**P18 15/2** e **P18 17/2**) in tutte le postazioni che dovrebbero essere attribuibili a soli fattori meteo climatici, essendo state eseguite in analoghe condizioni di scarico e movimentazione del carbone;
- la maggiore deposizione di EC in Torre T4 durante la campagna invernale **P18 15/1**, quella anche con la maggiore movimentazione di carbone, si può correlare con la diffusione locale delle polveri di carbone in accordo con le osservazioni fatte in precedenza sulla natura delle polveri sedimentate durante la campagna invernale **P18 15/1**.

Per esaminare la correlazione tra i valori del rapporto OC/EC e la percentuale di particelle di carbone stimate mediante SEM è stata utilizzata la rappresentazione con diagramma di dispersione (*scatter plot*), riportata di seguito, che consente di indagare le relazioni intercorrenti tra due variabili. Nel diagramma sono inclusi i risultati di tutte le postazioni, nelle diverse campagne sinora effettuate.



**Figura 100 - Scatter plot tra OC/EC e particelle di carbone “(%C)” in ogni postazione.**

Dal grafico precedente emerge che i punti si distribuiscono in tre gruppi diversi, più precisamente in:

- gruppo “G1”, costituito dai punti dati dal rapporto OC/EC compreso tra 0,5 e 1 e da una percentuale di particelle di carbone tra 3,5 e 5,5, e sono tutti relativi alla postazione di Torre T4 e uno di Torre T7;
- gruppo “G2”, costituito dai punti dati dal rapporto OC/EC compreso tra 0,5 e 2 e da una percentuale di particelle di carbone tra 1 e 3, e contiene campioni di deposizione prevalentemente relativi alla postazione di Torre T7 e Banchina ENEL e due di Torre T4;

- gruppo “G3”, costituito dai punti aventi rapporto OC/EC compreso tra 0,5 e 4,5 e da una quasi totale assenza di particelle di carbone. Tale gruppo include i campioni di deposizione relativi a tutte le altre postazioni.
- In questi gruppi non rientra il campione di T7 della campagna **P18 18/2** che ha un contenuto di particelle di carbone superiore a tutti gli altri campioni.

Il quadro complessivo che emerge quindi è un sostanziale accordo tra le misure effettuate col SEM e quelle relative alle particelle di carbone che consentono di affermare che le polveri depositate dovute allo scarico e alla movimentazione del carbone sono diffuse in maniera limitata e nell'intorno locale del punto emissivo.

### 7.3 Andamento e caratterizzazione delle polveri totali sospese (PTS)

Di seguito sono riportati graficamente gli andamenti temporali delle concentrazioni medie giornaliere nelle postazioni in cui sono state misurate le polveri totali sospese (PTS), ovvero Banchina ENEL, Bypass, Torre T4 e Torre T7 e Ravano. La postazione di Ravano è stata attiva sin dal 2015 per le misure di PTS a differenza dei campionamenti delle deposizioni. I valori sono espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :

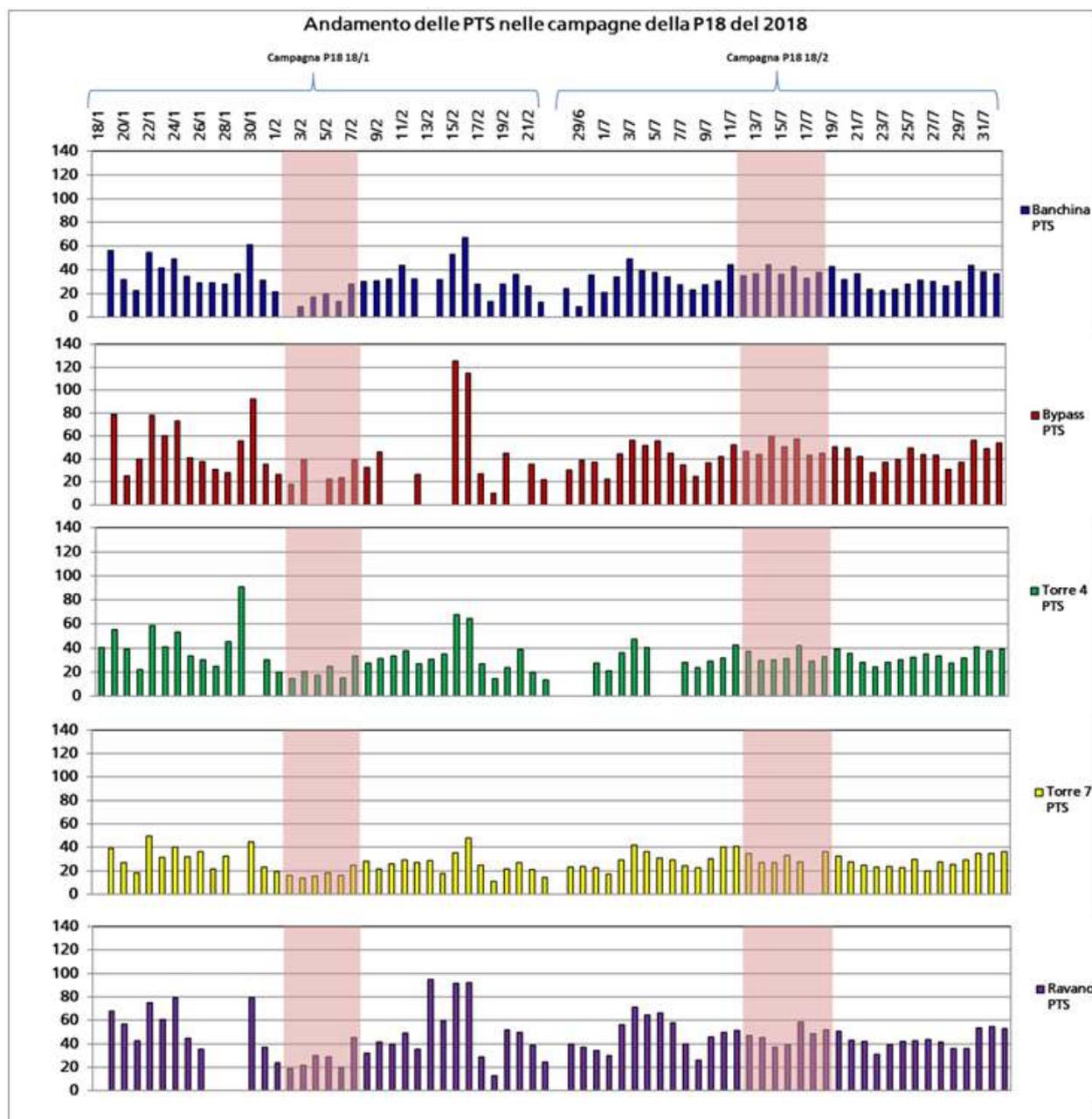


Figura 101 - Andamento delle PTS nelle postazioni di Banchina, Bypass, Torre T4 e Torre T7 e Ravano durante i monitoraggi 2014 - 2018 della Prescrizione 18.

Dalla Figura 101 si possono subito cogliere alcuni aspetti qualitativi, meglio esaminati nel seguito in termini quantitativi:

- gli andamenti temporali sono abbastanza simili in tutte le postazioni e, complessivamente, nonostante la variabilità intrinseca delle polveri, risultano caratterizzate da una sostanziale omogeneità;
- la polverosità maggiore è riscontrata nelle campagne del 2015 e del 2017;
- le minori e più costanti concentrazioni di PTS si riscontrano nella postazione di Torre T7, la più lontana dalla costa;

Nella tabella che segue sono riassunti i valori medi  $\pm 1$  deviazione standard rilevati nelle postazioni nel periodo di assenza e di scarico e movimentazione di carbone. Sono inoltre riportati minimo, massimo e mediana per ogni campagna di monitoraggio e per ogni postazione:

		<i>Banchina Enel</i>	<i>Bypass</i>	<i>Torre T4</i>	<i>Torre T7</i>	<i>Ravano</i>
<b>Campagna P18 14/0</b> (Estate: 28/05 - 15/06/14) Assenza movimentazione carbone	media $\pm$ dev St	36 $\pm$ 8	301 $\pm$ 11	30 $\pm$ 11	24 $\pm$ 7	-
	minimo	16	16	14	13	-
	massimo	46	48	57	39	-
	mediana	39	32	27	25	-
<b>Campagna P18 14/1</b> (Estate: 06/08 - 08/09/14) Presenza movimentazione carbone	media $\pm$ dev St	33 $\pm$ 7	34 $\pm$ 7	31 $\pm$ 7	28 $\pm$ 7	-
	minimo	22	22	21	15	-
	massimo	48	50	48	41	-
	mediana	33	32	30	26	-
<b>Campagna P18 15/1</b> (Inverno: 04/02 - 04/03/15) Presenza movimentazione carbone	media $\pm$ dev St	43 $\pm$ 16	49 $\pm$ 27	45 $\pm$ 21	28 $\pm$ 12	-
	minimo	20	11	11	7	-
	massimo	70	105	81	59	-
	mediana	41	40	41	29	-
<b>Campagna P18 15/2</b> (Estate: 24/07 - 02/09/15) Presenza movimentazione carbone	media $\pm$ dev St	39 $\pm$ 17	42 $\pm$ 14	45 $\pm$ 21	27 $\pm$ 10	43 $\pm$ 17
	minimo	16	16	17	13	20
	massimo	89	71	101	49	91
	mediana	40	45	43	25	42
<b>Campagna P18 16/1</b> (Inverno: 04/03 - 06/04/16) Presenza movimentazione carbone	media $\pm$ dev St	36 $\pm$ 7	36 $\pm$ 9	34 $\pm$ 11	30 $\pm$ 9	58 $\pm$ 21
	minimo	26	20	17	17	23
	massimo	52	53	61	57	98
	mediana	31	37	31	28	53
<b>Campagna P18 16/2</b> (Estate: 17/07 - 24/08/16) Presenza movimentazione carbone	media $\pm$ dev St	29 $\pm$ 9	29 $\pm$ 6	25 $\pm$ 7	26 $\pm$ 6	35 $\pm$ 8
	minimo	4	15	1	14	16
	massimo	49	47	39	41	60
	mediana	27	29	26	25	34
<b>Campagna P18 17/1</b> (Inverno: 12/01 - 08/02/17) Presenza movimentazione carbone	media $\pm$ dev St	39 $\pm$ 17	44 $\pm$ 24	49 $\pm$ 20	31 $\pm$ 12	48 $\pm$ 16
	minimo	11	14	16	11	13
	massimo	75	112	87	55	76
	mediana	34	40	45	31	48
<b>Campagna P18 17/2</b> (Estate: 29/06 - 01/08/17) Presenza movimentazione carbone	media $\pm$ dev St	37 $\pm$ 17	41 $\pm$ 11	37 $\pm$ 15	25 $\pm$ 6	42 $\pm$ 16
	minimo	18	18	6	14	6
	massimo	92	78	74	45	85
	mediana	32	41	35	24	41
<b>Campagna P18 18/1</b> (Inverno: 18/01 - 22/02/18) Presenza movimentazione carbone	media $\pm$ dev St	33 $\pm$ 14	46 $\pm$ 28	34 $\pm$ 17	26 $\pm$ 10	47 $\pm$ 23
	minimo	9	10	14	11	13
	massimo	67	125	91	50	95
	mediana	31	37	30	25	42
<b>Campagna P18 18/2</b> (Estate: 28/06 - 01/08/18) Presenza movimentazione carbone	media $\pm$ dev St	33 $\pm$ 8	44 $\pm$ 9	33 $\pm$ 6	29 $\pm$ 6	46 $\pm$ 10
	minimo	9	22	21	17	26
	massimo	49	59	47	42	71
	mediana	34	44	32	28	44

**Tabella 73 - Confronto tra i valori medi  $\pm 1$  deviazione standard e altri indicatori statistici per le PTS rilevate nelle campagne della prescrizione P18. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

Una prima osservazione dei valori di concentrazione media e mediana permette di concludere che l'insieme dei dati è relativamente privo di valori anomali in quanto media e mediana sono quasi sempre confrontabili. La tabella evidenzia, inoltre, che:

- tenendo conto dell'elevata dispersione di dati, è abbastanza confrontabile in tutte le campagne, con Torre T7 caratterizzata solitamente da una polverosità minore e Bypass o Torre T4 da quella maggiore;
- Ravano evidenzia dati di polverosità in genere più elevati rispetto a tutte le altre postazioni, confrontabili o maggiori di quelli rilevati in Bypass;
- nelle campagne invernali la concentrazione media di PTS in aria è risultata lievemente maggiore che in quelle estive;
- si notano alcune fluttuazioni che potrebbero dipendere da fattori meteorologici ma che non sembrano dipendere dal quantitativo di carbone movimentato, che come visto in Tabella 68, rimane per lo più costante negli anni.

### 7.3.1 Contenuto di metalli nelle polveri totali sospese (PTS)

Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati delle concentrazioni medie  $\pm 1$  deviazione standard di Cromo totale (Cr tot), Manganese (Mn), Piombo (Pb), Nickel (Ni) e Vanadio (V) nelle PTS durante le campagne dal 2014 al 2017. I valori del Cadmio non sono stati riportati in quanto sono risultati sempre inferiori al limite di quantificazione. Il PTS di Ravano è stato caratterizzato chimicamente a partire dal 2017. Nella tabella seguenti i valori sono riportati in  $\text{ng/m}^3$ . La dicitura "n.c." (non calcolabile) indica che non è stato possibile calcolare la deviazione standard:

Concentrazione media $\pm$ dev.st. di metalli nelle PTS - Campagne P18						
Valori in $\text{ng/m}^3$	Sigla campagna P18	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Ni	14/0	20 $\pm$ n.c.	7 $\pm$ 4	4 $\pm$ 1	5 $\pm$ 2	-
	14/1	2 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	-
	15/1	4 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	-
	15/2	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 3	-
	16/1	4 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	-
	16/2	4 $\pm$ 2	5 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 2	-
	17/1	3 $\pm$ 3	3 $\pm$ 2	2 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1
	17/2	2 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 0,4	1 $\pm$ n.c.	2 $\pm$ 1
	18/1	2+1	3+2	2+1*	4+3	3+1
	18/2	3+1	4+2	3+1	3+1	4+1
Mn	14/0	20 $\pm$ 3	15 $\pm$ 4	5 $\pm$ 4	6 $\pm$ 3	-
	14/1	7 $\pm$ 3	10 $\pm$ 4	7 $\pm$ 4	5 $\pm$ 3	-
	15/1	11 $\pm$ 5	20 $\pm$ 6	12 $\pm$ 6	7 $\pm$ 2	-
	15/2	29 $\pm$ 6	22 $\pm$ 9	24 $\pm$ 10	22 $\pm$ 2	-
	16/1	16 $\pm$ 4	14 $\pm$ 7	13 $\pm$ 6	11 $\pm$ 5	-
	16/2	10 $\pm$ 5	11 $\pm$ 5	10 $\pm$ 4	9 $\pm$ 4	-
	17/1	9 $\pm$ 4	14 $\pm$ 9	9 $\pm$ 5	6 $\pm$ 5	11 $\pm$ 9
	17/2	2 $\pm$ 4	1 $\pm$ 4	1 $\pm$ 3,3	1 $\pm$ 2	2 $\pm$ 20
	18/1	9+5	15+10	11+7	7+4	22+8
	18/2	8+3	20+22	10+10	8+6	17+12
Pb	14/0	7 $\pm$ n.c.	7 $\pm$ 2	4 $\pm$ n.c.	5 $\pm$ 1	-
	14/1	4 $\pm$ 2	5 $\pm$ 2	5 $\pm$ 1	4 $\pm$ 2	-
	15/1	4 $\pm$ 3	6 $\pm$ 2	4 $\pm$ 2	3 $\pm$ 1	-
	15/2	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 2	-
	16/1	8 $\pm$ 7	5 $\pm$ 2	5 $\pm$ 3	5 $\pm$ 2	-
	16/2	3 $\pm$ 2	4 $\pm$ 2	3 $\pm$ 1	4 $\pm$ 2	-
	17/1	3 $\pm$ 2	5 $\pm$ 4	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 2
	17/2	2 $\pm$ 1	1 $\pm$ 0,4	1 $\pm$ 0,8	1 $\pm$ n.c.	2 $\pm$ 1
	18/1	3+2	6+3	4+2*	3+3	3+3
	18/2	3+1	4+3	3+3	3+2	4+4
Cr	14/0	20 $\pm$ n.c.	20 $\pm$ n.c.	18 $\pm$ 1	17 $\pm$ 2	-
	14/1	35 $\pm$ 10	36 $\pm$ 13	34 $\pm$ 14	31 $\pm$ 13	-
	15/1	39 $\pm$ 2	39 $\pm$ 3	39 $\pm$ 2	38 $\pm$ 4	-
	15/2	33 $\pm$ 18	21 $\pm$ 16	24 $\pm$ 18	21 $\pm$ 14	-
	16/1	27 $\pm$ 24	27 $\pm$ 31	32 $\pm$ 30	25 $\pm$ 23	-
	16/2	11 $\pm$ 10	11 $\pm$ 11	9 $\pm$ 12	8 $\pm$ 11	-
	17/1	2 $\pm$ 1	4 $\pm$ 5	10 $\pm$ 9	1 $\pm$ 1	4 $\pm$ 2
	17/2	2 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.	2 $\pm$ 1
	18/1	8+5,4	7+3	5+3	5+2	14+10
	18/2	4+1	5+2	2+1	2+1	4+0,4

Concentrazione media $\pm$ dev.st. di metalli nelle PTS - Campagne P18						
Valori in ng/m <sup>3</sup>	Sigla campagna P18	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
V	14/0	20 $\pm$ n.c.	13 $\pm$ 11	4 $\pm$ 2	6 $\pm$ 5	-
	14/1	4 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1	4 $\pm$ 2	3 $\pm$ 2	-
	15/1	2 $\pm$ n.c.	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ n.c.	-
	15/2	5 $\pm$ 2	4 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	-
	16/1	3 $\pm$ 2	3 $\pm$ 2	3 $\pm$ 2	3 $\pm$ 2	-
	16/2	5 $\pm$ 2	5 $\pm$ 2	4 $\pm$ 2	4 $\pm$ 2	-
	17/1	1 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1
	17/2	2 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1
	18/1	1+0,3	2+1	1+1	1+0,1	2+1
	18/2	3+1	4+2	3+2	3+1	4+2

**Tabella 74 - Concentrazione media $\pm$ dev.st di metalli nelle PTS delle campagne P18. (\*) Sono stati esclusi i valori anomali di Ni e Pb a Torre T4 del 15/02/2018 durante la P18 18/1 pari a 92 e 222 ng/m<sup>3</sup>).**

Relativamente alla tabella precedente, riscontrato che spesso le maggiori concentrazioni di metalli di una campagna si sono avute a Ravano, si possono fare le seguenti ulteriori osservazioni:

- **Nickel:** escludendo il valore elevato misurato in Banchina ENEL (20 ng/m<sup>3</sup>) durante la campagna di bianco, nelle campagne 2014 - 2018 le concentrazioni medie di Ni sono rimaste comprese normalmente tra 2 e 7 ng/m<sup>3</sup> in tutte le postazioni;
- **Manganese:** insieme al Cr è il metallo normalmente maggioritario nelle PTS, ma presenta una ampia variabilità delle concentrazioni in aria: 1- 29  $\mu$ g/m<sup>3</sup>. Le massime concentrazioni relative si sono avute nella campagna estiva **P18 15/2**;
- **Piombo:** i valori di concentrazione media di Pb sono rimasti compresi normalmente tra 1 e 7 ng/m<sup>3</sup> in tutte le postazioni. Così come per il Ni e per il V, si nota che le concentrazioni sono caratterizzate da una sostanziale stabilità;
- **Cromo totale:** le concentrazioni medie di Cr nelle PTS sono aumentate tra il 2014 e la campagna invernale del 2015 e poi diminuite da quella estiva del 2015 fino al 2018. Se si esclude la concentrazione media di Cr della campagna **15/2** in Banchina ENEL, si nota però che nel contesto temporale di ogni campagna la sua concentrazione è risultata abbastanza simile in tutte le postazioni;
- **Vanadio:** se si escludono i dati misurati in Banchina ENEL e Bypass durante la campagna **14/0** (rispettivamente 20 ng/m<sup>3</sup> e 13 ng/m<sup>3</sup>), le concentrazioni risultano caratterizzate da una sostanziale stabilità (1 - 5 ng/m<sup>3</sup>).

In linea generale si delinea un quadro di sostanziale assenza di criticità per quanto riguarda i valori dei metalli nel PTS, in particolare le concentrazioni dei metalli Cd, Ni e Pb risultano ampiamente al di sotto dei limiti normativi previsti per il PM10, frazione del PTS.

## 8 SINTESI E CONCLUSIONI

La prescrizione 18 della AIA della Centrale ENEL della Spezia (DEC MATTM 0000244 del 06/09/2013) prevede l'attuazione di "periodiche campagne di monitoraggio" con lo scopo di monitorare ed analizzare le deposizioni atmosferiche nelle aree prospicienti gli impianti interessati da attività di scarico, movimentazione, stoccaggio e manipolazione del carbone.

Si è stabilito nel Protocollo di effettuare le campagne in due periodi di rilevazione stagionali, uno estivo e l'altro invernale, al fine di includere i due momenti più significativi dal punto di vista meteorologico e di comprendere il maggior numero possibile di giornate di operatività di scarico del carbone da nave, sulla base della programmazione resa disponibile da ENEL della Spezia.

Inoltre, si è cercato di attuare la massima sovrapposizione possibile con due delle 4 campagne previste dalla prescrizione 14, contenuta nella citata AIA.

Il presente capitolo è diviso in due parti; la prima riporta la sintesi relativa alle attività di monitoraggio del 2018 (par. 8.1), la seconda quella derivante dalla valutazione complessiva del periodo di monitoraggio 2014-18 (par. 8.2).

### 8.1 Sintesi monitoraggio 2018

Le campagne del 2018, oggetto di questo rapporto, sono state condotte negli stessi punti delle precedenti; le campagne, effettuate con la centrale operativa e con scarico da parte di navi carboniere, sono state suddivise in:

- invernale **P18 18/1**: dal 18/01/2018 al 22/02/2018;
- estiva **P18 18/2**: dal 28/06/2018 al 01/08/2018.

Per incrementare la rappresentatività stagionale del monitoraggio, a partire dal 2016 si è deciso di estenderne il monitoraggio all'intero anno per la postazione di Bypass, la più critica dal punto di vista della polverosità e oggetto di esposti, garantendo una maggiore copertura temporale con dodici campagne mensili.

Per definire le condizioni al contorno del monitoraggio, sono state analizzate le attività di movimentazione del carbone e le condizioni meteorologiche durante il periodo delle due campagne 2018.

Relativamente alle attività di scarico del carbone, le campagne di monitoraggio sono state abbastanza rappresentative delle attività svolte nell'anno 2018, sia dal punto di vista delle quantità di carbone scaricate giornalmente che dei giorni di scarico effettivo; infatti:

- considerando solo le giornate in cui è avvenuto lo scarico, la quantità media giornaliera di carbone scaricato dalle navi è stata in linea con la quantità scaricata mediamente nell'anno: la media giornaliera della campagna **P18 18/1** è stata di circa 6000 t/g, quella della campagna **P18 18/2** di circa 5700 t/g da confrontarsi con una media annuale di circa 4900 t/g per giorno di scarico;
- lo scarico del carbone è avvenuto per circa il 31% del tempo nella campagna invernale e per il 23% del tempo nella campagna estiva, valori abbastanza confrontabili con la percentuale annuale pari al 39%.

Relativamente alle condizioni meteo-climatiche, nel periodo delle due campagne di monitoraggio, si sono avute sostanziali differenze, anche per via delle diverse stagioni all'interno delle quali si sono sviluppate.

La campagna **P18 18/1** che si è svolta prevalentemente nel mese di gennaio è stata caratterizzata da tempo spesso instabile e numerosi eventi precipitativi, con valori cumulati comunque in linea con la climatologia.

La campagna **P18 18/2** ha visto il prevalere di condizioni tipicamente estive caratterizzate da temperature locali sopra l'atteso e il prevalere di venti in regime di brezza; per quanto riguarda le precipitazioni, il mese è stato caratterizzato da pochissimi eventi di pioggia, con valori di cumulata in linea con la stagione estiva e legati ad eventi temporaleschi che hanno impattato in modo più rilevante sull'area della val Magra da un'anomalia negativa.

Dall'analisi del **rateo di deposizione** di polveri nelle due campagne di monitoraggio si è riscontrata una variabilità probabilmente più dovuta a fattori meteorologici stagionali che alla quantità di carbone scaricato (praticamente equivalente nelle due campagne) e si sono avuti valori di deposizione un po' più elevati durante la campagna estiva (**P18 18/2**) rispetto a quelli della campagna invernale (**P18 18/1**) per quasi tutte le postazioni. Come spiegato al par.7.1 i valori invernali sono stati inferiori alla media per motivi prettamente meteorologici.

Le massime deposizioni relative di polveri si sono sempre avute a Ravano, confrontabili con quelle rilevate a Bypass, mentre le altre postazioni hanno evidenziato valori di gran lunga inferiori. Il contesto delle deposizioni rimane comunque quantitativamente modesto, e, a parte la postazione di Ravano in entrambe le campagne e di Bypass durante la campagna **P18 18/2**, tutte le altre deposizioni non eccedono i 100 mg/m<sup>2</sup>/d. Escludendo entrambe le postazioni, le deposizioni sono state sempre inferiori ai 50 mg/m<sup>2</sup>/d, dunque molto lontane ai valori guida più restrittivi adottati da alcune nazioni europee (vedi cap.5).

Come per le precedenti campagne, anche in quelle del 2018 si rileva un andamento decrescente allontanandosi dalla linea di costa verso Torre T7.

I ratei di deposizione delle polveri misurate continuamente a **Bypass** non risultano correlati con la quantità di carbone movimentato in Banchina. Il valore medio annuale di questa postazione (170 mg/m<sup>2</sup>/d comprendendo tutte le campagne della prescrizione e integrative del 2018, 117 mg/m<sup>2</sup>/d escludendo quella anomala, **P18 18/G** per via del noto evento meteo di fine ottobre) colloca anche tale postazione nella classe di polverosità bassa.

A differenza delle deposizioni delle polveri, per le **deposizioni dei metalli**, non si riscontra un andamento simile e univoco per i metalli. Infatti, a Banchina ENEL, le deposizioni di tutti i metalli sono state maggiori nella campagna invernale, in accordo con le lievi maggiori deposizioni di polveri, ed il contrario è avvenuto nella postazione di Bypass. Ad eccezione di Ravano che sembra avere deposizioni meno variabili, nelle altre postazioni, la variabilità è stata maggiore e non è individuabile una univocità di comportamento.

Come già rilevato in passato, l'andamento generale delle deposizioni di metalli è quello di una loro diminuzione allontanandosi dalla linea di costa (postazione di Bypass) in direzione di Torre T7. La postazione di "Banchina Enel" ha avuto deposizioni di metalli intermedie tra quelle di Bypass e Torre 4. Le deposizioni della postazione di Ravano sono risultate paragonabili a quelle di Bypass e, in alcuni casi, anche di molto maggiori.

Relativamente ai singoli metalli, si può notare che l'andamento delle deposizioni di rame riflette quasi sicuramente le influenze dovute alle emissioni dagli organi meccanici dei veicoli a motore, decrescendo dalla postazione di Bypass a quella di T7. Un andamento simile si riscontra per il vanadio, tipico metallo presente nelle emissioni navali, a sottolineare anche per questi monitoraggi, l'influenza del porto commerciale.

Le deposizioni di nickel hanno avuto un andamento simile a quello del vanadio, mostrando per la sola postazione di Bypass nella campagna estiva la deposizione di gran lunga più elevata, in linea con i valori di tutti gli altri metalli.

I ratei di deposizione di **As** e **Cd** riscontrati alla Spezia non hanno mai ecceduto quelli tipici delle aree urbane. Per quanto riguarda le deposizioni di **Ni**, i ratei sono rimasti normalmente compresi in quelli tipici delle aree rurali e urbane nelle postazioni di T4 e T7 e in quelli delle aree urbane e industriali nelle postazioni vicino alla costa.

Facendo un confronto con i valori guida della Germania e considerando il valore massimo delle deposizioni rilevato nelle differenti postazioni, si può osservare che i ratei di deposizione dei metalli riscontrati alla Spezia sono risultati inferiori di circa 5-10 volte per quanto riguarda l'As; 20-100 volte per il Cd; 5-20 volte per il Pb, 50-500 volte per il Hg e 40-500 volte per il Tl, rispetto a quelli della Germania. Per quanto riguarda il Ni, risulta che si hanno superamenti del valore guida tedesco per la sola postazioni di Bypass: va però ricordato che i valori guida si riferiscono a medie annuali mentre i valori da noi riportati si riferiscono alla massima deposizione riscontrata nelle campagne.

Analizzando le **concentrazioni dei metalli** emerge che le due campagne si distinguono per i valori in assoluto più elevati di tutti i metalli nelle polveri di Banchina nella campagna **P18 18/1**; nel corso della campagna **P18 18/2** si sono registrate concentrazioni inferiori rispetto a quanto rilevato nella invernale in Banchina, con i valori più elevati di Cr, Hg, Ni e Cu comunque sempre in Banchina e per quasi tutti gli altri metalli a Torre T4.

Il contenuto di **OC** e **EC** delle deposizioni atmosferiche del 2018 è rimasto pressoché equivalente nelle due campagne per quanto riguarda la postazione di Banchina ENEL. Il contenuto di OC è risultato maggiore nelle polveri invernali di Torre 4 e Torre 7 e in quelle estive di Bypass e Ravano. Emerge quindi la complessità dell'andamento di OC ed EC in un ambiente influenzato da una pluralità di sorgenti di emissione che comprendono anche quelle biogeniche, responsabili in genere dell'incremento della concentrazione estiva di OC. Data la limitatezza del numero di campioni e la variabilità riscontrata nel 2018, non è possibile dedurre dalle misure di OC ed EC un andamento univoco e associabile alla movimentazione del carbone.

Gli esami condotti in **microscopia elettronica** (SEM) sulle deposizioni, evidenziano che la diffusione di particelle riconducibili al carbone incombusto nelle deposizioni è

**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

quantitativamente molto limitata, per lo più circoscritta alla zona di Banchina e non eccede in genere il 6% di particelle riconducibili al carbone. A Torre T7 si è avuto un anomalo *spike* del 11% di particelle durante la campagna estiva.

I ratei medi annuali di deposizioni dei metalli a **Bypass** risultano inferiori ai valori guida tedeschi. Per quanto riguarda le concentrazioni dei metalli in questo sito si rileva una variabilità abbastanza limitata durante il corso di tutto l'anno; As tra i metalli minoritari e Cu e Mn tra quelli maggioritari sono risultati i metalli che presentano variabilità relativamente maggiore.

Le concentrazioni massime relative di Cu e Mn si sono registrate nelle due campagne **P18 18/1** e **P18 18/2**: l'analisi estesa a tutto l'anno associata ai dati di carbone movimentate in Banchina non evidenzia però alcuna correlazione con quest'ultima attività.

Gli esami condotti in microscopia elettronica (SEM) rappresentativi di buona parte dell'anno evidenziano che la quantità di particelle di carbone rilevate a Bypass nello strato superficiale delle deposizioni raccolte sul filtro nel caso peggiore non supera il 2%.

Dall'analisi dell'andamento e caratterizzazione delle **Polveri Totali Sospese (PTS)** in aria è emerso che i valori medi misurati nella campagna **P18 18/1** sono abbastanza simili a quelli della campagna **P18 18/2** all'interno della deviazione standard; si assiste tuttavia ad una lieve diminuzione nella campagna estiva in tutte le postazioni.

All'interno degli stessi periodi di monitoraggio, l'andamento temporale delle polveri totali sospese risulta abbastanza omogeneo in tutti i siti ed in linea con quello del PM10 misurato nella postazione della RQA di Fossamastra, salvo alcune eccezioni a Bypass e Ravano, che nel corso della campagna invernale hanno evidenziato numerosi spikes, che a Bypass hanno anche oltrepassato i 100 µg/m<sup>3</sup>.

La determinazione analitica di alcuni **metalli sui filtri PTS**, effettuata nelle stesse giornate in cui l'analisi è stata condotta in alcune postazioni della RQA, ha evidenziato che la concentrazione di metalli del 2018 è sostanzialmente uniforme su tutto il territorio cittadino e pertanto correlata prevalentemente a fattori di pressione più generali (risollevamento di polveri, emissioni industriali e civili, ecc.) e fattori climatici. Si può comunque osservare che i valori massimi giornalieri di ciascun metallo sono stati rilevati quasi sempre nelle postazioni di Ravano e Bypass, maggiormente interessate dal traffico di mezzi pesanti che operano nell'area.

Sono state inoltre effettuate anche due campagne con una coppia di **campionatori vento selettivi**, strumenti che consentono di raccogliere il particolato su tre diverse cartucce (ciascuna dotata di tre impattori inerziali che permettono di separarlo per frazione aerodinamica e di raccogliarlo su differenti filtri in fibra di quarzo), sulla base della diversa direzione di provenienza del vento. Negli anni precedenti attività di monitoraggio erano state effettuate nei siti di Banchina e molo Pagliari, individuati, alla luce delle caratteristiche anemologiche e morfologiche della zona di scarico del carbone, come i più idonei per questo tipo di campionamento. La presenza di un cantiere sul molo Pagliari non ha però consentito nel 2018 l'utilizzo del sito e pertanto la

**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

campagna invernale è stata effettuata solo in Banchina, mentre quella estiva ha visto una sperimentazione nel sito di Bypass.

L'analisi dei dati raccolti con questi strumenti che hanno visto la caratterizzazione delle diverse frazioni di particolato (tra 2,5 µm e 10 µm e inferiore a 2,5 µm) sia in termini quantitativi che di speciazione (metalli e ioni), non ha però consentito di avere informazioni solide che consentissero di evidenziare o meno eventuali correlazione significative con le attività di scarico del carbone anche per la continua presenza del cantiere sopraccitato che può avere influenzato soprattutto il sito di Banchina.

## 8.2 Sintesi e conclusioni del periodo 2014 ÷ 2018

I risultati delle campagne della prescrizione 18 effettuate dal **2014 al 2018** sono stati esaminati nel loro complesso e confrontati con la campagna **P18 14/0** (campagna di bianco estiva) senza scarico di carbone.

Per quanto riguarda le campagne estive condotte durante lo scarico del carbone, **i ratei di deposizione delle polveri** sono risultati quantitativamente simili a quelli rilevati nella campagna di bianco estiva mentre in inverno i ratei sono stati complessivamente più elevati. In generale, nelle campagne si è osservata una tendenza alla diminuzione del rateo di deposizione di polveri sedimentabili man mano che ci si allontana dalla costa. La postazione di Diffusore, monitorata dal 2014 al 2016 è risultata poco rappresentativa a causa della sua collocazione influenzata dalla variabilità degli ostacoli circostanti. Pertanto, a partire dal 2017, è stata individuata in sostituzione la postazione di Ravano avente le stesse caratteristiche rispetto alla pressione dovuta alla movimentazione del carbone. Presso tale sito si sono rilevati elevati tassi di deposizione, paragonabili a quelli di Bypass, probabilmente dovuti alle limitrofe attività portuali.

Dal confronto dei dati di deposizione con le attività di scarico in Banchina (che a partire dalla campagna **P18 17/2** hanno visto una marcata riduzione in termini quantitativi dell'attività, dell'ordine del 50%) non si evidenzia alcuna relazione tra queste due variabili: si evidenzia piuttosto una dipendenza dei ratei di deposizione dalla stagionalità in quasi tutte le postazioni con massimi relativi in inverno e minimi relativi in estate, andamento però meno evidente nel 2018 quando si è rilevata una deposizione invernale insolitamente contenuta, probabilmente, per effetto delle condizioni atmosferiche.

Le **deposizioni di metalli** più elevate sono state misurate in genere a Bypass, in analogia con l'entità delle deposizioni di polveri. In particolare, a Bypass si evidenzia una maggiore deposizione di quei metalli (Cr, Ni, Mn, V) che sono associabili a sorgenti antropiche quali traffico veicolare o intra-portuale, combustione, attività industriali.

I **ratei di deposizioni di metalli**, presentano valori maggiori nelle campagne invernali rispetto a quelle estive in modo più evidente a Bypass e Ravano, specie per As, Cr, Mn, Ni e V. Gli altri metalli (Cd, Hg e Tl) invece risultano maggiormente ubiquitari ed è meno evidente l'effetto stagionale. In ogni caso, i ratei di deposizione dei metalli, ma anche quelli delle polveri sedimentabili, sono entro i valori guida come medie annuali adottati in alcune nazioni europee e tipici di ambienti urbani e rurali.

**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

Inoltre, anche **le concentrazioni dei metalli** nelle deposizioni tendono a diminuire nelle polveri man mano che ci si allontana dalla fascia costiera. Tra tutti emergono i valori di Mn con i massimi registrati quasi sistematicamente in Banchina.

Il quadro complessivo emerso dal confronto tra le misure al **SEM** e quelle sulla componente di **carbonio organico (OC)** e **carbonio elementare (EC)** delle deposizioni evidenzia un sostanziale accordo tra le due misure e consente di affermare che le polveri depositate dovute allo scarico e alla movimentazione del carbone sono diffuse in maniera limitata e nell'intorno locale del punto emissivo di Banchina ENEL. Inoltre, con la dismissione dal luglio 2016 del carbonile Val Fornola si è registrata una minore presenza di particelle di carbone incombusto a Torre T4, postazione in precedenza caratterizzata dalla più elevata presenza di particelle di carbone.

La **concentrazione media di PTS** in aria nelle campagne invernali è risultata lievemente maggiore che in quelle estive con le postazioni di Ravano e Bypass che presentano dati di polverosità in genere più elevati rispetto a tutte le altre; si notano inoltre alcune fluttuazioni che potrebbero dipendere da fattori meteorologici ma che non sono correlabili al quantitativo di carbone movimentato.

Fino al 2017 il **Source Apportionment**, previsto dalla Prescrizione 18 AIA, si è concretizzato sostanzialmente attraverso le analisi al SEM e di EC ed OC in quanto le deposizioni raccolte, secondo quanto previsto dalla prescrizione 18, su base mensile e con poche campagne annuali non possono fornire un set di dati sufficienti per l'applicazione di modelli al recettore che consentano l'identificazione delle sorgenti emmissive e la stima del loro contributo.

Dal 2017 l'approccio di analisi di SA è stato applicato a campioni giornalieri di PM10 che Arpal ha provveduto a raccogliere presso le postazioni di Fossamastra (limitrofa all'attività di scarico del carbone e dunque rappresentativa dell'area) e alternativamente su altre due della RQA, in area non influenzata dalle attività monitorate in ambito P18 (Amendola e Parco della Maggiolina): l'elaborazione complessiva dei dati raccolti nei primi due anni di misura, articolati in 4 campagne suddivise tra estate ed inverno (con un totale di circa 400 campioni sui quali è stato effettuato un ampio spettro di determinazioni analitiche), è in fase conclusiva e a breve sarà prodotto un apposito report.

Un'ulteriore attività di monitoraggio integrativa prevista per l'anno 2018 era costituita da una campagna con l'impiego di strumenti vento selettivi. Tale attività non verrà riproposta per l'indisponibilità del sito di Molo Pagliari dove permane un importante cantiere e in quanto molto influenzata da un contesto fortemente urbanizzato che altera l'interpretazione dei dati.

Alla luce di quanto sopra, per quanto riguarda i **futuri sviluppi**, si prevede di proseguire l'attività di *source apportionment* con le stesse modalità dell'anno precedente ai fini di avere un numero statisticamente più solido di dati di input per l'elaborazione mediante modello a recettore.

## 9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bond, T.C., Bergstrom, R.W., 2007. Light absorption by carbonaceous particles: an investigative review. *Aerosol Sci. Technol.* 40, 27-67.

Chow, Judith C., et al., 2011. PM 2.5 source profiles for black and organic carbon emission inventories." *Atmospheric Environment* 45.31: 5407-5414.

Duan et al., 2004. Identification and estimate of biomass burning contribution to the urban aerosol organic carbon concentrations in Beijing.

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/>.

Poschl, U., Shiraiwa, 2015. M. Multiphase chemistry at the atmosphere-biosphere interface influencing climate and public health in the anthropocene. *Chemical Reviews* 115 (10), 4440-4475.

Szidat, Sönke, et al., 2009. Fossil and non-fossil sources of organic carbon (OC) and elemental carbon (EC) in Göteborg, Sweden." *Atmospheric Chemistry and Physics* 9.5: 1521-1535.

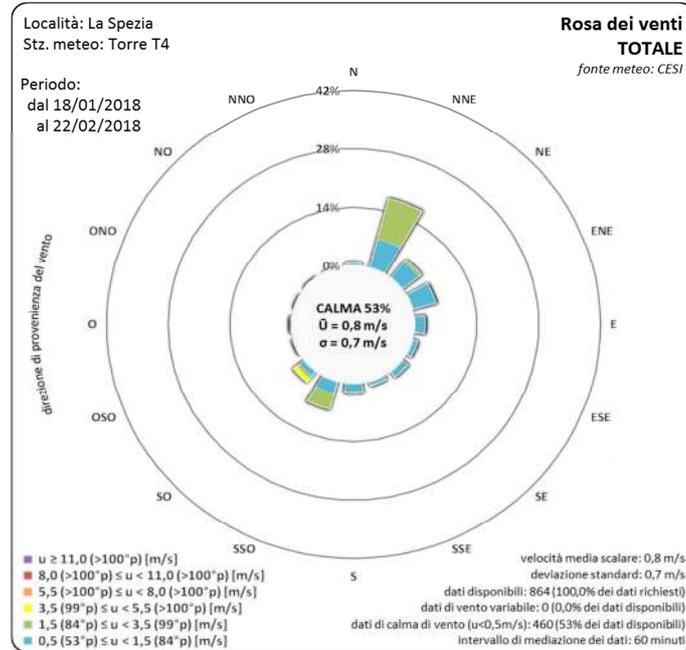
Tsigaridis, et al., 2006. Change in global aerosol composition since preindustrial times", *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 5143–5162.

## APPENDICE 1 – ROSE DEI VENTI DURANTE I PERIODI DI MONITORAGGIO

**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



## P18 18/1



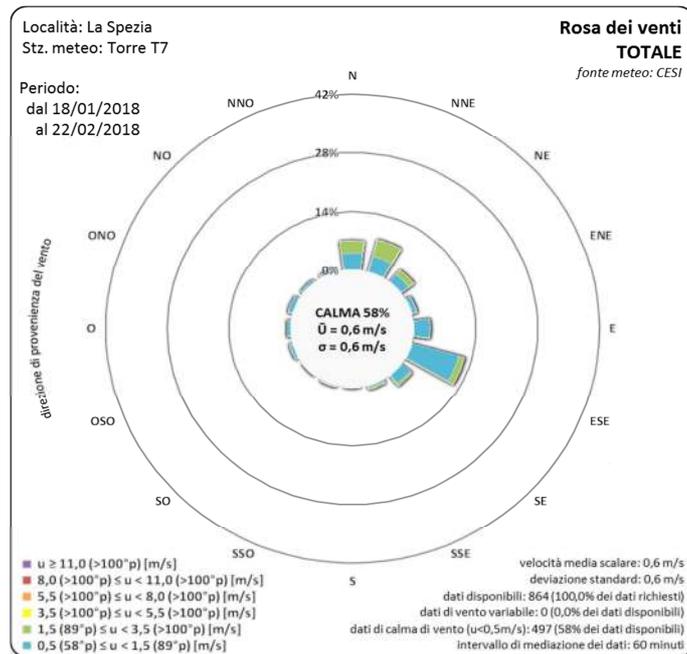
16 SETTORI			CLASSI [m/s]							TOT	V. MED. SCALARE
ID	da	a	CAL	0,5 ≤ u < 1,5	1,5 ≤ u < 3,5	3,5 ≤ u < 5,5	5,5 ≤ u < 8	8 ≤ u < 11	u ≥ 11		
N	348,75	11,25	-	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	0,7
NNE	11,25	33,75	-	7,06%	9,95%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	17,01%	1,6
NE	33,75	56,25	-	4,63%	0,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,32%	0,9
ENE	56,25	78,75	-	5,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,32%	0,7
E	78,75	101,25	-	2,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,20%	0,7
ESE	101,25	123,75	-	1,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,04%	0,7
SE	123,75	146,25	-	1,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,50%	0,7
SSE	146,25	168,75	-	0,93%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,93%	0,9
S	168,75	191,25	-	1,97%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,20%	0,9
SSO	191,25	213,75	-	3,13%	3,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,83%	1,7
SO	213,75	236,25	-	1,39%	0,69%	1,04%	0,00%	0,00%	0,00%	3,13%	2,3
OSO	236,25	258,75	-	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,23%	0,9
O	258,75	281,25	-	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,35%	1,0
ONO	281,25	303,75	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
NO	303,75	326,25	-	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	0,8
NNO	326,25	348,75	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
VAR	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
CALM	-	-	-	53,24%	-	-	-	-	-	53,24%	-
TOT	-	-	-	53,24%	30,44%	15,28%	1,04%	0,00%	0,00%	100,00%	0,78

**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



16 SETTORI			CLASSI [m/s]							TOT	V. MED. SCALARE
ID	da	a	CAL	$0,5 \leq u < 1,5$	$1,5 \leq u < 3,5$	$3,5 \leq u < 5,5$	$5,5 \leq u < 8$	$8 \leq u < 11$	$u \geq 11$		
N	348,75	11,25	-	3,94%	2,89%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,83%	1,4
NNE	11,25	33,75	-	3,82%	4,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	7,87%	1,5
NE	33,75	56,25	-	2,08%	1,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,59%	1,2
ENE	56,25	78,75	-	0,93%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,16%	0,9
E	78,75	101,25	-	3,47%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,59%	0,7
ESE	101,25	123,75	-	10,88%	1,39%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	12,27%	0,9
SE	123,75	146,25	-	2,43%	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,01%	1,0
SSE	146,25	168,75	-	0,46%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,81%	1,2
S	168,75	191,25	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
SSO	191,25	213,75	-	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,23%	0,5
SO	213,75	236,25	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
OSO	236,25	258,75	-	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	0,7
O	258,75	281,25	-	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	0,6
ONO	281,25	303,75	-	0,93%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,93%	1,0
NO	303,75	326,25	-	0,46%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,46%	0,9
NNO	326,25	348,75	-	0,46%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	1,1
VAR	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
CALM	-	-	57,52%	-	-	-	-	-	-	57,52%	-
TOT	-	-	57,52%	31,25%	11,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,59

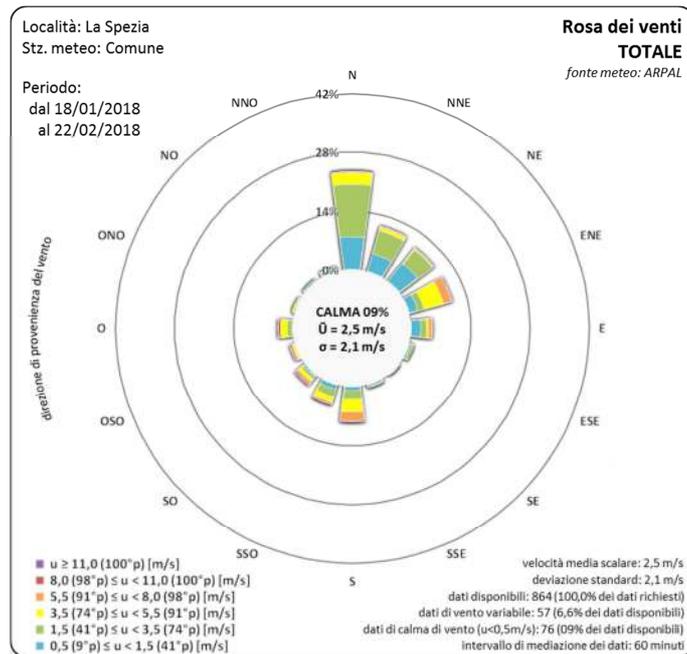
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

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**



16 SETTORI			CLASSI [m/s]							TOT	V. MED. SCALARE
ID	da	a	CAL	0,5 ≤ u < 1,5	1,5 ≤ u < 3,5	3,5 ≤ u < 5,5	5,5 ≤ u < 8	8 ≤ u < 11	u ≥ 11		
N	348,75	11,25	-	7,87%	12,38%	2,89%	0,12%	0,00%	0,00%	23,26%	2,1
NNE	11,25	33,75	-	4,40%	5,79%	0,93%	0,12%	0,00%	0,00%	11,23%	2,0
NE	33,75	56,25	-	5,44%	4,28%	0,35%	0,12%	0,00%	0,00%	10,19%	1,6
ENE	56,25	78,75	-	1,97%	1,39%	4,98%	1,85%	0,12%	0,00%	10,30%	4,0
E	78,75	101,25	-	2,20%	1,16%	0,69%	0,69%	0,00%	0,00%	4,75%	2,5
ESE	101,25	123,75	-	0,35%	0,46%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,81%	1,8
SE	123,75	146,25	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
SSE	146,25	168,75	-	0,35%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,46%	1,3
S	168,75	191,25	-	0,81%	2,08%	3,13%	2,08%	0,23%	0,00%	8,33%	4,3
SSO	191,25	213,75	-	1,04%	1,74%	1,50%	0,69%	0,00%	0,00%	4,98%	3,3
SO	213,75	236,25	-	0,46%	0,58%	0,81%	0,69%	0,46%	0,00%	3,01%	5,1
OSO	236,25	258,75	-	0,00%	0,12%	0,35%	0,35%	0,46%	0,12%	1,39%	7,2
O	258,75	281,25	-	0,23%	1,04%	1,50%	0,12%	0,58%	0,12%	3,59%	4,8
ONO	281,25	303,75	-	0,00%	0,46%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	2,6
NO	303,75	326,25	-	0,46%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,46%	1,1
NNO	326,25	348,75	-	0,58%	0,46%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	1,27%	2,2
VAR	-	-	-	5,56%	0,93%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	6,60%	0,9
CALM	-	-	8,80%	-	-	-	-	-	-	8,80%	-
TOT	-	-	8,80%	31,71%	32,99%	17,59%	6,83%	1,85%	0,23%	100,00%	2,52

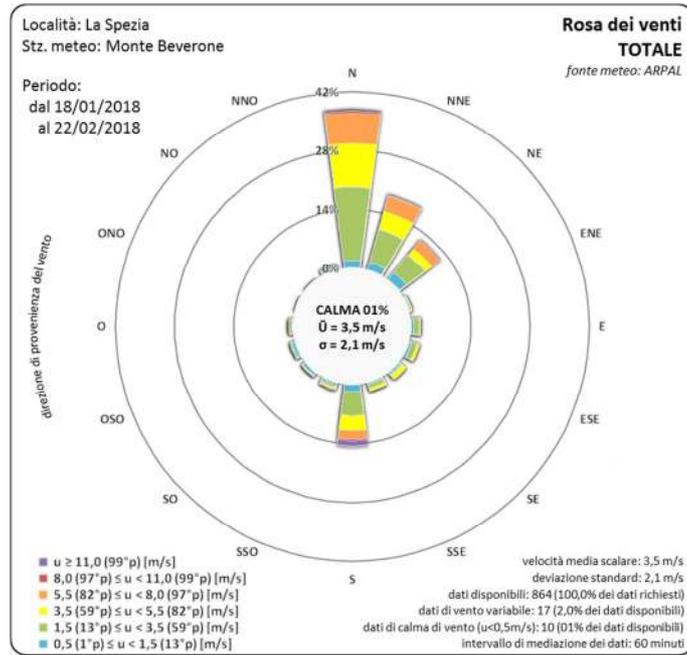
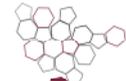
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

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



16 SETTORI			CLASSI [m/s]							TOT	V. MED. SCALARE
ID	da	a	CAL	0,5 <u>≤</u> u<1,5	1,5 <u>≤</u> u<3,5	3,5 <u>≤</u> u<5,5	5,5 <u>≤</u> u<8	8 <u>≤</u> u<11	u <u>≥</u> 11		
N	348,75	11,25	-	1,74%	17,36%	10,53%	7,06%	0,69%	0,00%	37,38%	3,8
NNE	11,25	33,75	-	1,74%	8,22%	4,51%	3,70%	0,23%	0,00%	18,40%	3,7
NE	33,75	56,25	-	2,20%	5,32%	1,97%	2,31%	0,23%	0,00%	12,04%	3,3
ENE	56,25	78,75	-	0,12%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,46%	2,3
E	78,75	101,25	-	0,58%	1,27%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	1,97%	2,2
ESE	101,25	123,75	-	0,46%	1,39%	0,46%	0,00%	0,00%	0,00%	2,31%	2,5
SE	123,75	146,25	-	0,35%	0,46%	1,04%	0,00%	0,00%	0,00%	1,85%	3,1
SSE	146,25	168,75	-	0,23%	1,04%	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	1,85%	2,9
S	168,75	191,25	-	1,39%	6,02%	3,47%	1,85%	0,58%	1,27%	14,58%	4,4
SSO	191,25	213,75	-	0,35%	0,69%	0,35%	0,23%	0,00%	0,00%	1,62%	3,0
SO	213,75	236,25	-	0,58%	0,35%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	1,04%	1,9
OSO	236,25	258,75	-	0,58%	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,16%	1,8
O	258,75	281,25	-	0,12%	0,81%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,93%	2,4
ONO	281,25	303,75	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
NO	303,75	326,25	-	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	1,9
NNO	326,25	348,75	-	0,46%	0,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,16%	1,8
VAR	-	-	-	1,39%	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,97%	1,1
CALM	-	-	1,16%	-	-	-	-	-	-	1,16%	-
TOT	-	-	1,16%	12,27%	45,25%	23,15%	15,16%	1,74%	1,27%	100,00%	3,52

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

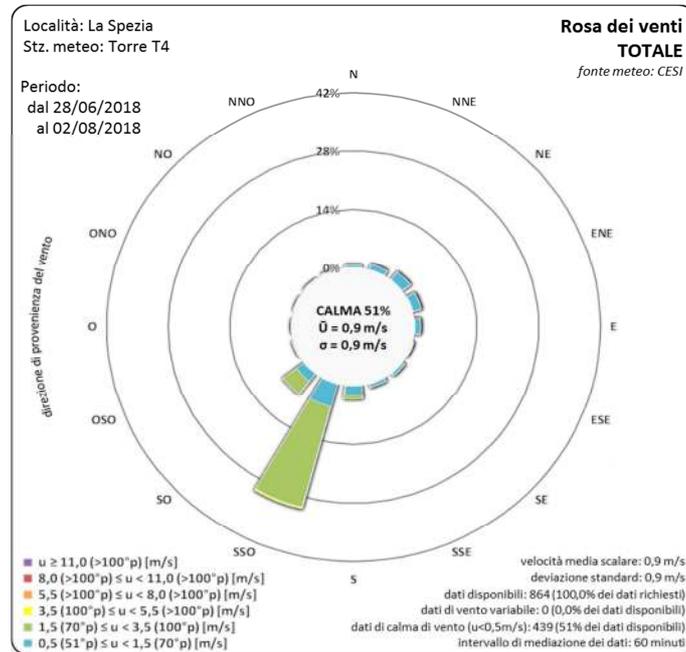
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



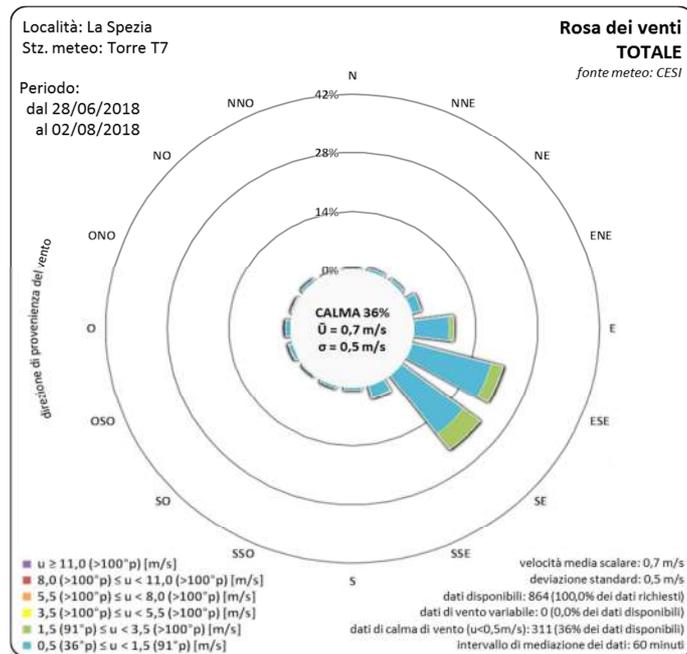
CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM  
BS OHSAS 18001

## P18 18/2



16 SETTORI			CLASSI [m/s]							TOT	V. MED. SCALARE
ID	da	a	CAL	0,5≤u<1,5	1,5≤u<3,5	3,5≤u<5,5	5,5≤u<8	8≤u<11	u≥11		
N	348,75	11,25	-	0,46%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,46%	0,8
NNE	11,25	33,75	-	1,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,16%	0,8
NE	33,75	56,25	-	2,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,20%	0,6
ENE	56,25	78,75	-	1,85%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,85%	0,6
E	78,75	101,25	-	1,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,16%	0,6
ESE	101,25	123,75	-	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	0,6
SE	123,75	146,25	-	0,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,69%	0,7
SSE	146,25	168,75	-	0,93%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,93%	0,6
S	168,75	191,25	-	2,31%	0,93%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,24%	1,1
SSO	191,25	213,75	-	5,79%	24,54%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	30,67%	2,0
SO	213,75	236,25	-	2,31%	3,82%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,13%	1,7
OSO	236,25	258,75	-	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,23%	1,2
O	258,75	281,25	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
ONO	281,25	303,75	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
NO	303,75	326,25	-	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	0,7
NNO	326,25	348,75	-	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,23%	0,7
VAR			-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
CALM			50,81%	-	-	-	-	-	-	50,81%	-
TOT			50,81%	19,56%	29,28%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,93

**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



16 SETTORI			CLASSI [m/s]							TOT	V. MED. SCALARE
ID	da	a	CAL	$0,5 \leq u < 1,5$	$1,5 \leq u < 3,5$	$3,5 \leq u < 5,5$	$5,5 \leq u < 8$	$8 \leq u < 11$	$u \geq 11$		
N	348,75	11,25	-	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	0,9
NNE	11,25	33,75	-	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	0,8
NE	33,75	56,25	-	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	1,1
ENE	56,25	78,75	-	2,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,08%	0,7
E	78,75	101,25	-	7,99%	0,93%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,91%	0,9
ESE	101,25	123,75	-	18,63%	2,66%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	21,30%	0,9
SE	123,75	146,25	-	17,59%	4,75%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	22,34%	1,1
SSE	146,25	168,75	-	2,89%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,24%	0,9
S	168,75	191,25	-	0,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,69%	0,6
SSO	191,25	213,75	-	0,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,69%	0,8
SO	213,75	236,25	-	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,35%	1,0
OSO	236,25	258,75	-	0,93%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,04%	0,9
O	258,75	281,25	-	1,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,16%	0,9
ONO	281,25	303,75	-	0,23%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,35%	1,4
NO	303,75	326,25	-	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	0,8
NNO	326,25	348,75	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
VAR	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
CALM	-	-	36,00%	-	-	-	-	-	-	36,00%	-
TOT	-	-	36,00%	55,09%	8,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,71

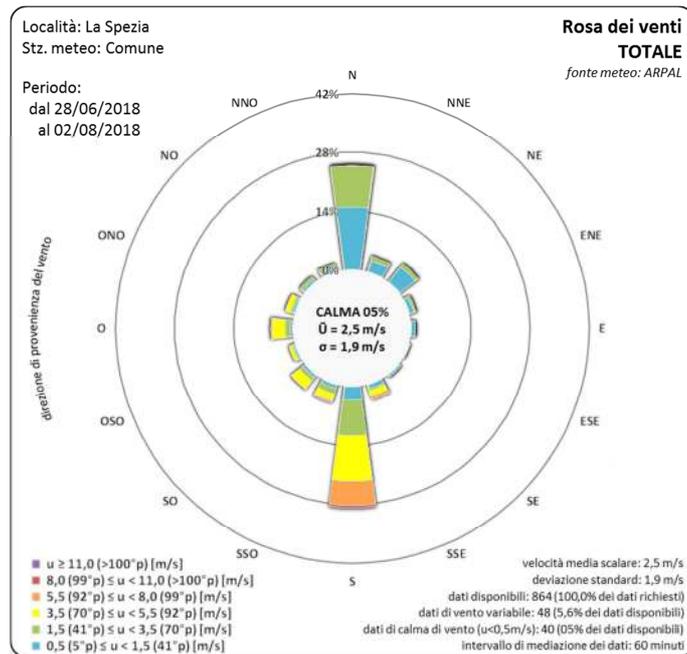
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

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**



16 SETTORI			CLASSI [m/s]							TOT	V. MED. SCALARE
ID	da	a	CAL	0,5 ≤ u < 1,5	1,5 ≤ u < 3,5	3,5 ≤ u < 5,5	5,5 ≤ u < 8	8 ≤ u < 11	u ≥ 11		
N	348,75	11,25	-	4,06%	2,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,26%	1,2
NNE	11,25	33,75	-	6,50%	5,68%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	12,41%	1,5
NE	33,75	56,25	-	6,61%	1,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,12%	0,9
ENE	56,25	78,75	-	1,28%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,62%	1,0
E	78,75	101,25	-	2,09%	0,93%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	3,36%	1,6
ESE	101,25	123,75	-	4,41%	2,44%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	7,08%	1,4
SE	123,75	146,25	-	5,80%	4,41%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	10,56%	1,5
SSE	146,25	168,75	-	0,35%	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,46%	1,7
S	168,75	191,25	-	0,00%	0,93%	0,70%	0,23%	0,00%	0,00%	1,86%	3,8
SSO	191,25	213,75	-	0,12%	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,23%	2,5
SO	213,75	236,25	-	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,23%	1,1
OSO	236,25	258,75	-	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	0,8
O	258,75	281,25	-	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,35%	0,8
ONO	281,25	303,75	-	0,23%	0,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,93%	2,6
NO	303,75	326,25	-	0,70%	1,62%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,32%	2,0
NNO	326,25	348,75	-	1,04%	0,93%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,97%	1,4
VAR	-	-	-	10,21%	3,60%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	14,04%	1,1
CALM	-	-	28,07%	-	-	-	-	-	-	28,07%	-
TOT	-	-	28,07%	44,08%	25,29%	2,32%	0,23%	0,00%	0,00%	100,00%	1,09

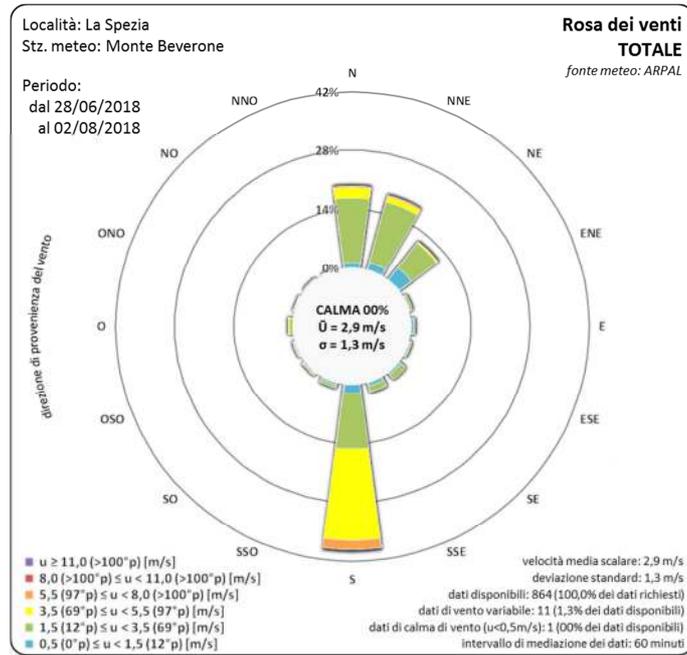
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

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**



16 SETTORI			CLASSI [m/s]							TOT	V. MED. SCALARE
ID	da	a	CAL	0,5≤u<1,5	1,5≤u<3,5	3,5≤u<5,5	5,5≤u<8	8≤u<11	u≥11		
N	348,75	11,25	-	1,16%	15,28%	2,78%	0,12%	0,00%	0,00%	19,33%	2,5
NNE	11,25	33,75	-	1,62%	14,93%	1,50%	0,23%	0,00%	0,00%	18,29%	2,5
NE	33,75	56,25	-	3,59%	7,29%	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	11,46%	1,9
ENE	56,25	78,75	-	0,12%	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,69%	1,9
E	78,75	101,25	-	0,46%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,69%	1,5
ESE	101,25	123,75	-	0,23%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,46%	1,3
SE	123,75	146,25	-	0,46%	1,39%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,85%	2,1
SSE	146,25	168,75	-	0,69%	1,39%	0,12%	0,12%	0,00%	0,00%	2,31%	2,2
S	168,75	191,25	-	2,08%	12,96%	21,99%	2,20%	0,00%	0,00%	39,24%	3,7
SSO	191,25	213,75	-	0,46%	0,58%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	1,16%	2,2
SO	213,75	236,25	-	0,35%	0,12%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,69%	2,2
OSO	236,25	258,75	-	0,23%	0,12%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,46%	2,6
O	258,75	281,25	-	0,00%	0,69%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	1,04%	2,7
ONO	281,25	303,75	-	0,00%	0,12%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,35%	4,2
NO	303,75	326,25	-	0,00%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,35%	2,3
NNO	326,25	348,75	-	0,00%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,23%	2,0
VAR			-	0,81%	0,23%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	1,27%	1,7
CALM			0,12%	-	-	-	-	-	-	0,12%	-
TOT			0,12%	12,27%	56,71%	28,24%	2,66%	0,00%	0,00%	100,00%	2,87

### 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 2 - PRECIPITAZIONI DURANTE I PERIODI DI MONITORAGGIO.

**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

Di seguito sono riportate le precipitazioni cumulate giornaliere, in mm, evidenziano con sfondo grigio i giorni piovosi, ovvero con precipitazioni giornaliere maggiori di 1 mm.

Campagna **P18 18/1**, dal 18 gennaio al 22 febbraio 2018.

Giorno	Precipitazione Cumulata Giornaliera		
	Comune della Spezia	La Foce - Montewiseggi	Fornola
18/01/2018	0	1,4	0,4
19/01/2018	0	1,4	0,2
20/01/2018	0	0	0
21/01/2018	0	0	0,8
22/01/2018	0	0	0
23/01/2018	0	0	1,8
24/01/2018	0	0	2,8
25/01/2018	0,2	0	0
26/01/2018	0,8	1,8	0
27/01/2018	1,2	1,8	1,4
28/01/2018	0	0	0,2
29/01/2018	0	0	0,2
30/01/2018	0	0	0,6
31/01/2018	2,4	4,2	4,8
01/02/2018	19,8	39	33,6
02/02/2018	9,4	11,6	11
03/02/2018	2	2,2	2,2
04/02/2018	0	0,2	0
05/02/2018	4,2	6,8	2
06/02/2018	3,2	4,6	1,6
07/02/2018	0	0,2	0
08/02/2018	6,4	7,6	4
09/02/2018	2,4	2,4	1,8
10/02/2018	0	0	3,8
11/02/2018	0	0	0
12/02/2018	27,8	32	21
13/02/2018	0,2	0,6	0
14/02/2018	2,2	3,4	0,8
15/02/2018	0	0	0
16/02/2018	0,8	1,2	1
17/02/2018	19,8	27,6	21,6
18/02/2018	3,8	5,4	9,2
19/02/2018	0	0	3,4
20/02/2018	0	0	0
21/02/2018	0	0	0
22/02/2018	0	0	0

Campagna **P18 1782**, dal 28 giugno al 1 agosto 2018.

Precipitazione Cumulata Giornaliera			
Giorno	Comune della Spezia	La Foce - Monteviseggi	Fornola
28/06/2018	0,6	0,6	0,2
29/06/2018	0	0	0
30/06/2018	0	0	0
01/07/2018	0	0	0
02/07/2018	0	0	0
03/07/2018	0	0	0
04/07/2018	4	2,8	0,6
05/07/2018	0	0	0
06/07/2018	0	0	0,2
07/07/2018	0	0	0
08/07/2018	0	0	0
09/07/2018	0	0	0
10/07/2018	0	0	0
11/07/2018	0	2,2	3
12/07/2018	0	0,4	0,4
13/07/2018	0	0	0
14/07/2018	0	0	0
15/07/2018	0	0	0
16/07/2018	0,2	0,2	0,2
17/07/2018	0	0	0
18/07/2018	0	0	0
19/07/2018	0	0	0
20/07/2018	0	0	0
21/07/2018	0	1,6	13,2
22/07/2018	1,8	0,2	0,2
23/07/2018	0	0	0,4
24/07/2018	0	0	0
25/07/2018	0	0	0
26/07/2018	0,2	0,2	0
27/07/2018	0	0	0
28/07/2018	8,6	0	0
29/07/2018	0	0	0
30/07/2018	0	0	0
31/07/2018	0	0	0
01/08/2018	0	0	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

Member of CISQ Federation



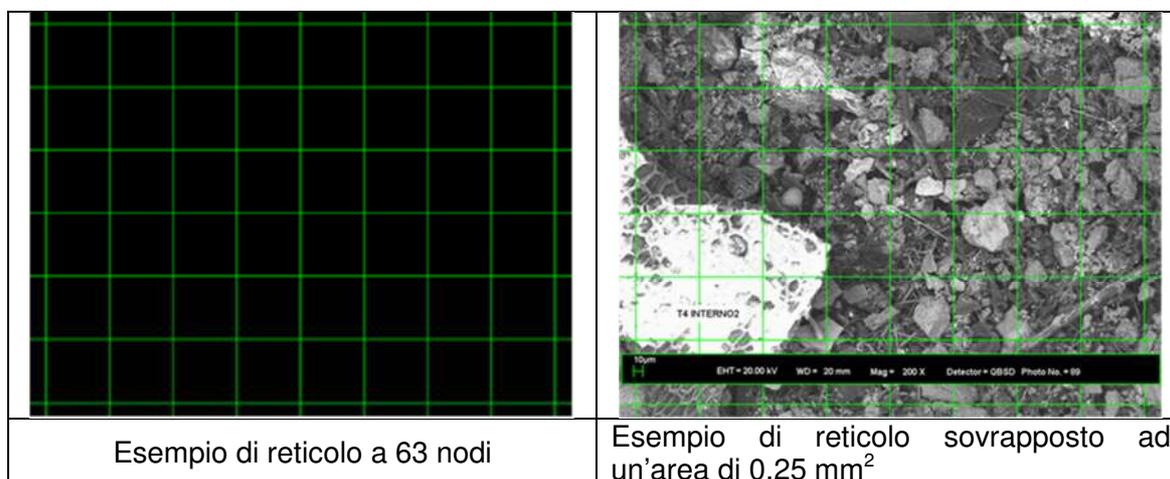
## APPENDICE 3 – MODALITÀ OPERATIVA UTILIZZATA PER ANALISI AL SEM

**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



La procedura per il conteggio delle particelle di carbone incombusto ha previsto di operare nella seguente maniera:

- da ogni filtro ottenuto dalla filtrazione delle deposizioni, si preleva un quarto<sup>1</sup> da destinare alle indagini in SEM;
- lungo la bisettrice di ciascun quarto di filtro si selezionano tre aree di 1 mm<sup>2</sup> in prossimità dei due estremi (bordo e centro del filtro) e nel punto centrale della bisettrice. Si è ritenuto che questa scelta consentisse di rimanere sufficientemente lontani dai punti di taglio del filtro e nello stesso tempo di analizzare zone differenti per tentare di ovviare alla disomogeneità indotte dalla filtrazione;
- si opera ad un ingrandimento di 200 x, sufficiente per apprezzare particelle di poco superiori ai 10 µm. A questo ingrandimento, per esaminare un'area totale di 1 mm<sup>2</sup> sono richieste 4 singole letture di un'area pari a 0,25 mm<sup>2</sup>;
- per effettuare il conteggio delle particelle di carbone ciascuna area di 0,25 mm<sup>2</sup> è stata suddivisa in quadrati in modo da avere un reticolo di 63 nodi. Tale reticolo è stato sovrapposto a ciascuna area di 0,25 mm<sup>2</sup> come mostrato nella figura che segue:

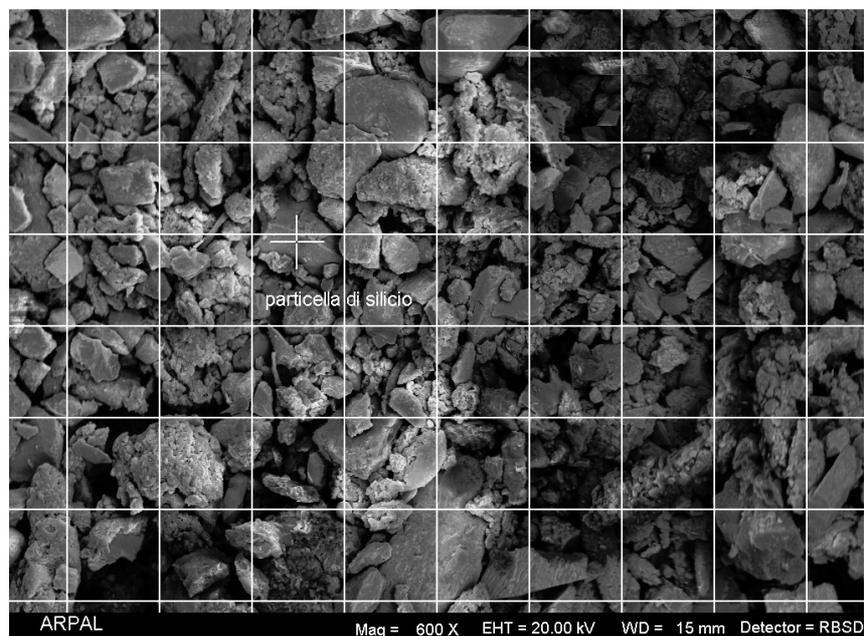
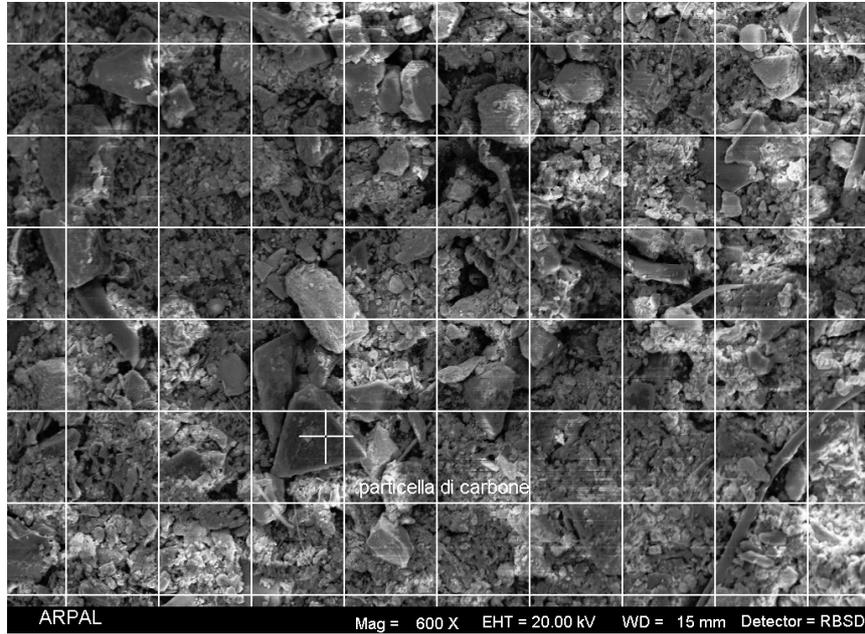


- si procede al conteggio del numero di nodi che cadono all'interno o al bordo di una particella di carbone individuata dallo spettro di microanalisi e dalla morfologia. Come criterio si è adottato il seguente: nel caso di nodi che cadevano all'interno di una particella si è conteggiato un valore di 1, qualora il nodo ricadeva al bordo di una particella si è attribuito un valore di ½. Il rapporto tra il numero di nodi conteggiati e il numero totale dei nodi del reticolo, espresso in termini %, è riferibile all'area visibile al SEM ricoperta da particelle di carbone;
- la media delle % di area ricoperte da particelle di carbone delle tre zone da 1 mm<sup>2</sup> esaminate è considerata indicativa dell'intero filtro.

L'operatività necessaria all'analisi in SEM è molto onerosa in termini di impegno di lettura e con possibili elevate differenze tra le diverse zone del filtro a causa della elevata eterogeneità riscontrata e rappresenta un compromesso tra il numero di letture e la rappresentatività delle stesse.

<sup>1</sup> Gli altri quarti di filtro sono stati destinati alle altre caratterizzazioni di tipo chimico.

Di seguito sono riportate alcune micrografie SEM (600x) di una area casuale acquisite mediante elettroni secondari per evidenziare la morfologia delle particelle. Le microfotografie sono una indicazione delle tipologie di particelle riscontrate sulla superficie dei filtri dei deposimetri e non riflettono la statistica delle particelle di carbone conteggiate.



**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 - CONCENTRAZIONE DELLE PTS NELLE POSTAZIONI DI BANCHINA, BYPASS, TORRE 4, TORRE 7 E RAVANO.

**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



I valori evidenziati in rosso sono stati determinati gravimetricamente da ARPAL.

Campagna **P18 18/1**, dal 18 gennaio al 22 febbraio 2018.

Giorno settimana	Data	Banchina PTS [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Bypass PTS [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Torre 4 PTS [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Torre 7 PTS [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Ravano PTS [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Gio	18/1	-	-	40,4	-	-
Ven	19/1	56,3	78,6	55,1	39,3	67,7
Sab	20/1	31,9	24,9	39,2	27,0	57,1
Dom	21/1	22,6	40,0	22,1	18,3	42,4
Lun	22/1	54,7	78,4	58,7	49,5	75,3
Mar	23/1	41,4	60,1	41,1	31,6	60,5
Mer	24/1	49,3	73,3	53,3	40,1	79,2
Gio	25/1	34,4	40,8	33,3	31,7	45,0
Ven	26/1	28,8	37,4	29,9	36,1	35,6
Sab	27/1	29,2	30,6	24,5	21,5	-
Dom	28/1	28,0	27,9	45,1	32,2	-
Lun	29/1	36,4	55,7	90,8	-	-
Mar	30/1	61,3	92,5	-	44,8	79,5
Mer	31/1	31,3	35,4	30,1	23,1	37,1
Gio	1/2	21,4	26,4	19,9	19,4	23,5
Ven	2/2	-	17,9	14,4	15,8	18,6
Sab	3/2	8,6	39,5	20,6	13,9	21,7
Dom	4/2	16,9	-	17,2	15,6	29,9
Lun	5/2	19,9	22,3	24,9	17,9	28,8
Mar	6/2	13,4	23,3	14,8	16,1	19,7
Mer	7/2	27,8	39,3	33,4	25,0	45,2
Gio	8/2	30,1	32,5	27,4	28,2	32,0
Ven	9/2	30,8	46,1	31,3	21,6	41,3
Sab	10/2	32,3	-	33,1	25,6	39,6
Dom	11/2	43,5	-	37,6	29,1	49,1
Lun	12/2	32,3	26,5	26,7	26,8	35,6
Mar	13/2	-	-	30,3	28,4	95,0
Mer	14/2	31,7	-	34,7	17,8	59,3
Gio	15/2	52,8	125,5	67,8	35,1	91,6
Ven	16/2	67,4	114,7	64,6	48,1	91,8
Sab	17/2	27,7	26,8	26,8	25,0	29,0
Dom	18/2	13,4	10,1	14,4	10,7	13,0
Lun	19/2	28,0	45,0	23,7	21,5	51,7
Mar	20/2	35,9	-	38,6	26,9	49,9
Mer	21/2	26,3	35,3	19,9	20,9	38,5
Gio	22/2	12,7	21,6	13,6	14,0	24,3

**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

Member of CISQ Federation



Campagna **P18 18/2**, dal 28 giugno al 1 agosto 2018.

Giorno settimana	Data	Banchina	Bypass PTS	Torre 4 PTS	Torre 7 PTS	Ravano PTS
		PTS				
		[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]				
Gio	28/6	24,0	30,1	-	23,1	39,6
Ven	29/6	9,0	38,8	-	23,4	36,9
Sab	30/6	35,7	37,2	27,2	22,3	34,1
Dom	1/7	21,1	22,2	20,9	17,2	29,7
Lun	2/7	33,7	44,4	36,1	29,4	56,5
Mar	3/7	49,4	56,3	47,2	41,5	71,1
Mer	4/7	39,6	51,7	40,5	36,4	64,4
Gio	5/7	37,5	55,9		30,6	66,2
Ven	6/7	34,0	45,0		29,0	57,9
Sab	7/7	27,5	34,9	27,8	24,3	39,5
Dom	8/7	23,1	24,6	23,7	22,3	26,2
Lun	9/7	27,3	36,3	28,8	30,1	45,6
Mar	10/7	30,6	42,0	31,8	40,2	49,9
Mer	11/7	44,3	52,0	42,6	40,5	51,2
Gio	12/7	35,2	46,5	37,2	34,6	46,9
Ven	13/7	36,5	43,7	29,5	27,0	45,1
Sab	14/7	44,2	59,3	30,2	27,2	37,0
Dom	15/7	36,2	50,5	31,4	33,0	39,3
Lun	16/7	42,7	57,4	41,9	27,4	58,5
Mar	17/7	33,0	43,0	29,1	-	48,5
Mer	18/7	37,5	45,0	32,8	36,2	52,1
Gio	19/7	42,6	50,4	38,9	32,3	51,0
Ven	20/7	31,8	49,5	35,3	27,7	43,2
Sab	21/7	36,7	42,1	27,8	24,7	42,0
Dom	22/7	23,4	27,8	24,4	22,9	30,8
Lun	23/7	22,3	37,2	27,7	23,4	39,3
Mar	24/7	23,3	39,4	29,8	22,4	42,0
Mer	25/7	27,9	49,6	32,4	29,7	42,7
Gio	26/7	31,2	43,6	34,7	19,7	43,8
Ven	27/7	30,0	43,4	33,1	27,5	41,3
Sab	28/7	26,1	30,6	27,6	25,0	35,9
Dom	29/7	30,2	36,8	31,7	29,0	35,8
Lun	30/7	43,6	56,2	40,8	34,8	53,4
Mar	31/7	38,5	49,0	37,7	34,8	54,6
Mer	1/8	36,9	54,0	39,2	36,3	53,1

**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

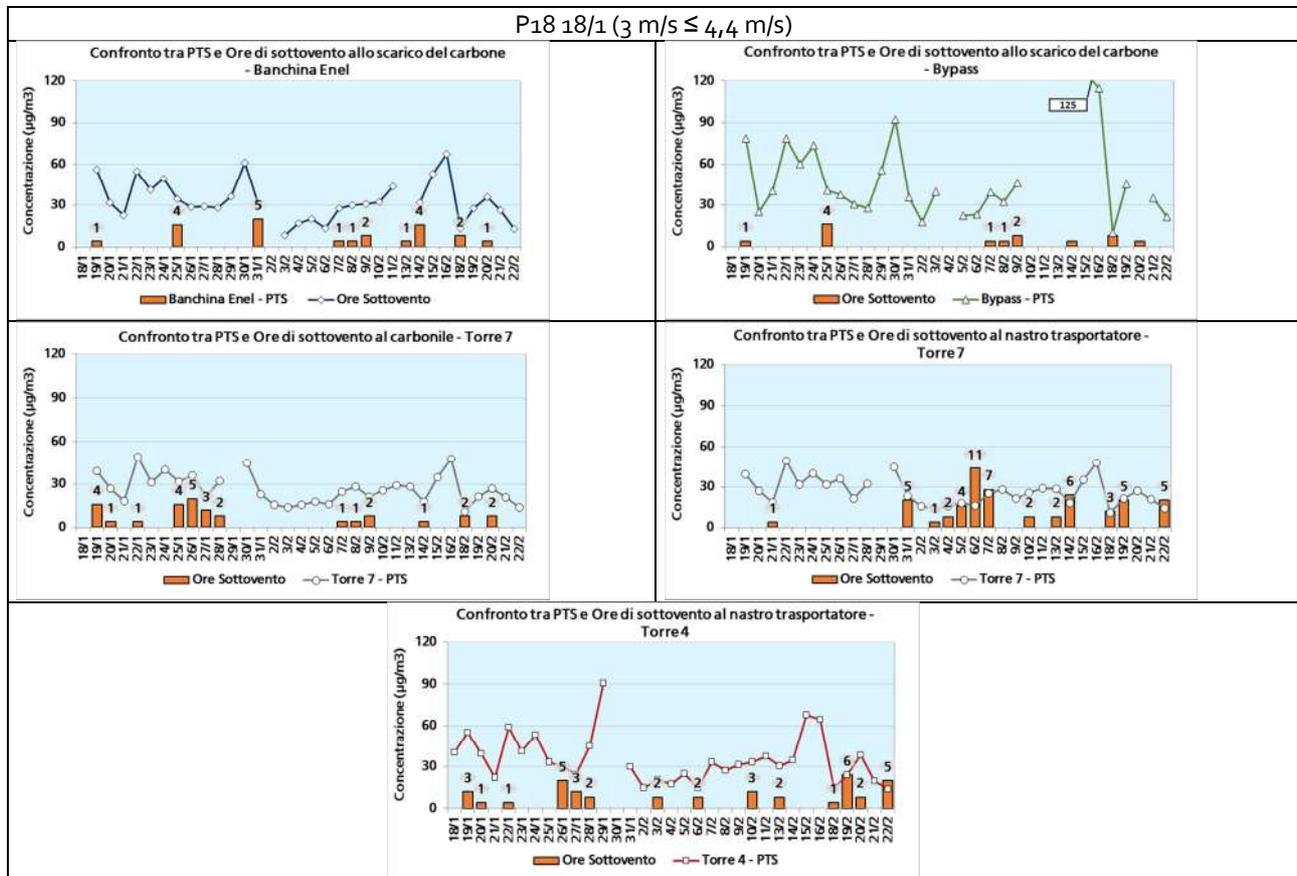
Member of CISQ Federation

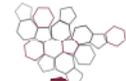


## APPENDICE 5 – VALUTAZIONE DELLE ORE SOTTOVENTO ALLE SORGENTI PER DIFFERENTI VELOCITÀ DI VENTO

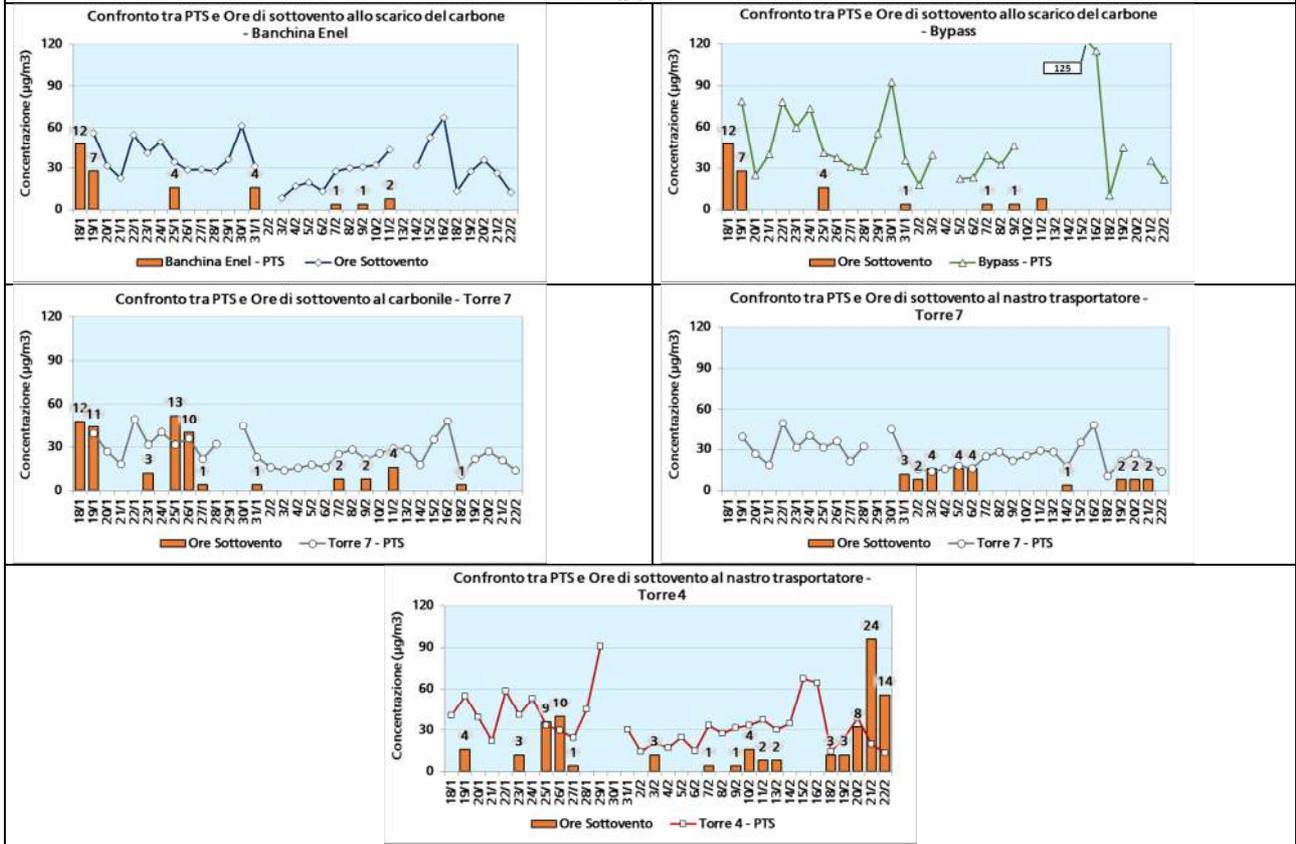
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Di seguito sono riportati i grafici con gli andamenti giornalieri delle PTS e delle ore di sottovento alle potenziali sorgenti di polverosità, elaborati per velocità del vento tra  $3 \leq 4,4$  m/s e  $4,4 \leq 10$  m/s e suddivisi per postazione e per campagna.

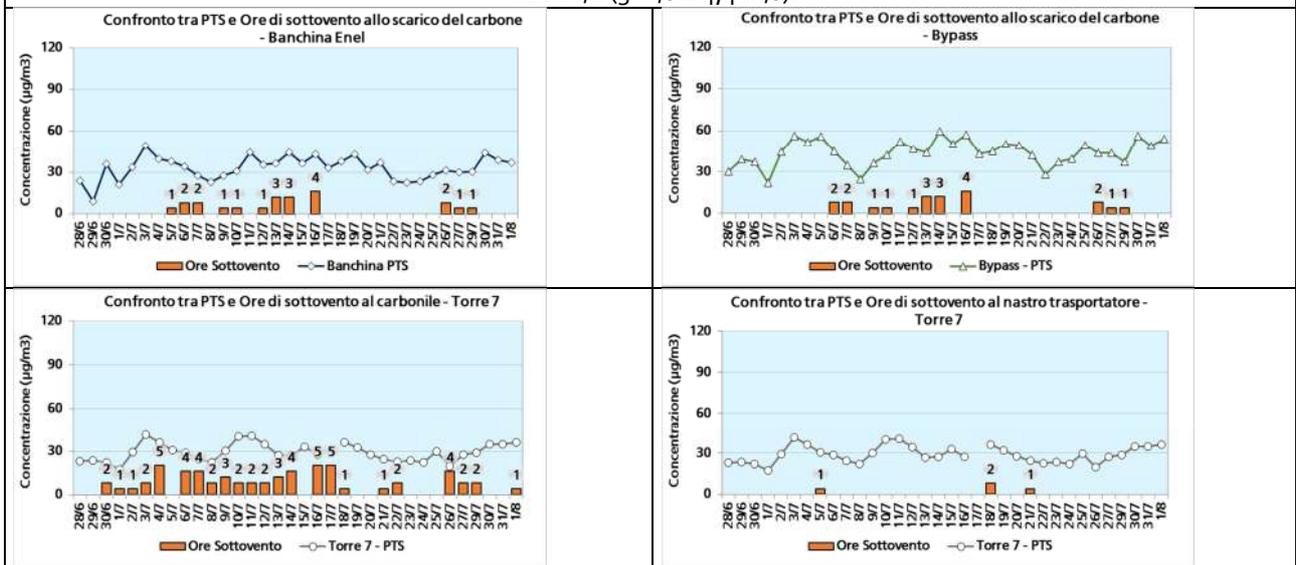


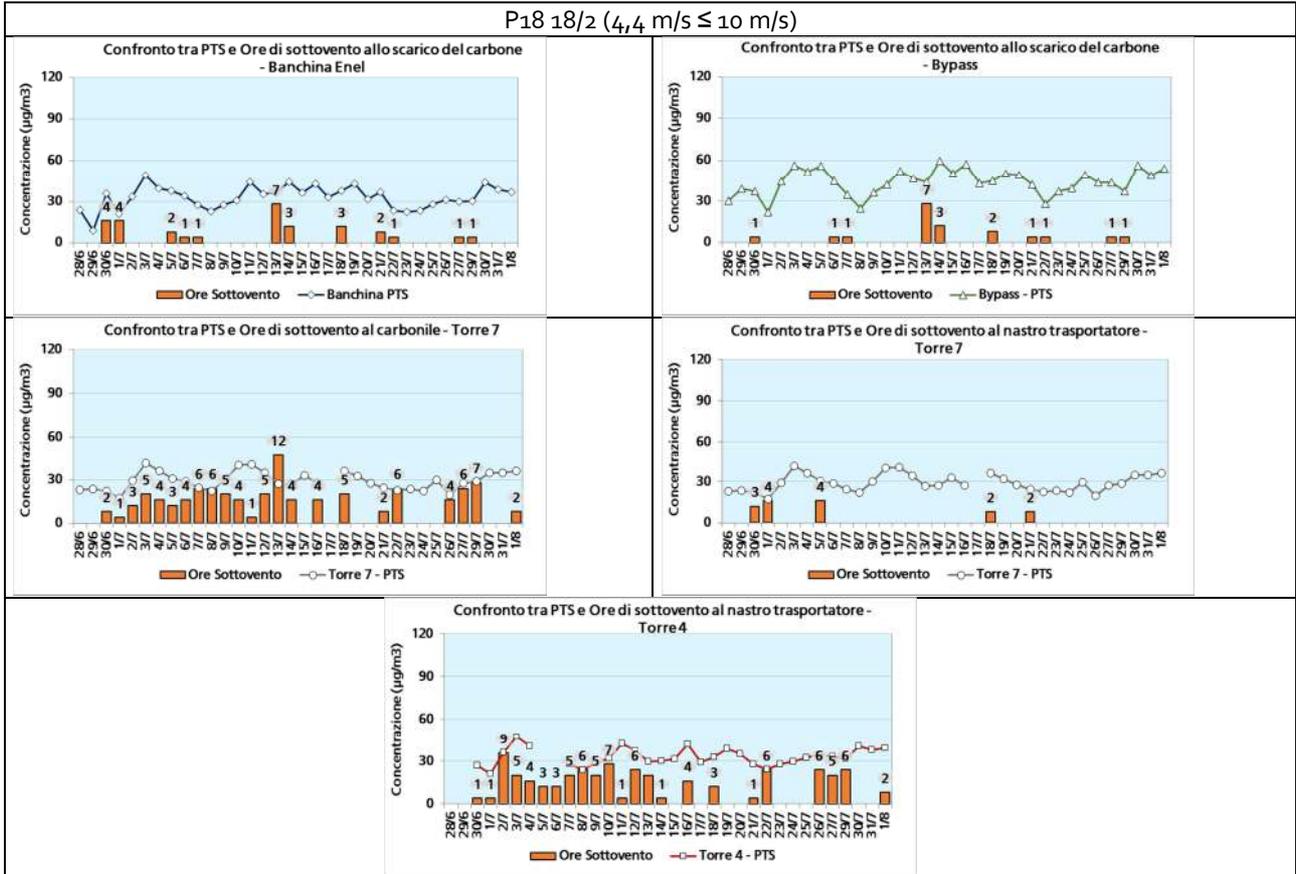
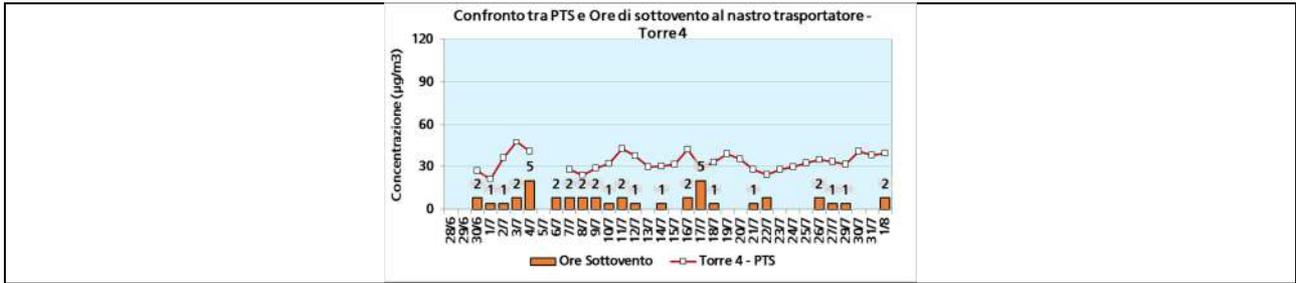


### P18 18/1 (4,4 m/s ≤ 10 m/s)



### P18 18/2 (3 m/s ≤ 4,4 m/s)





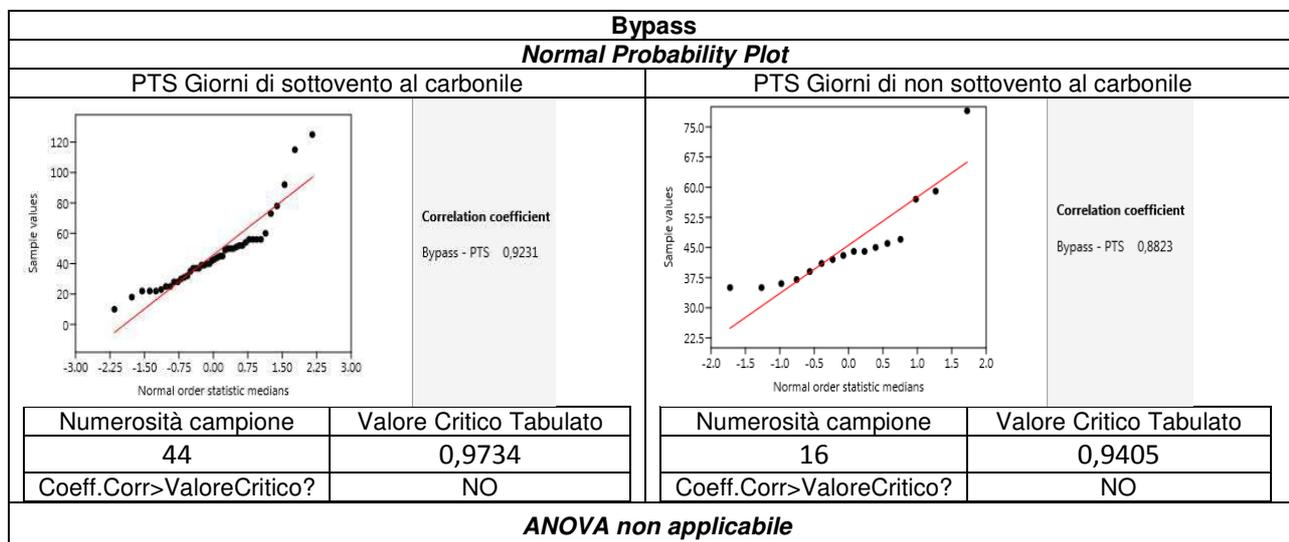
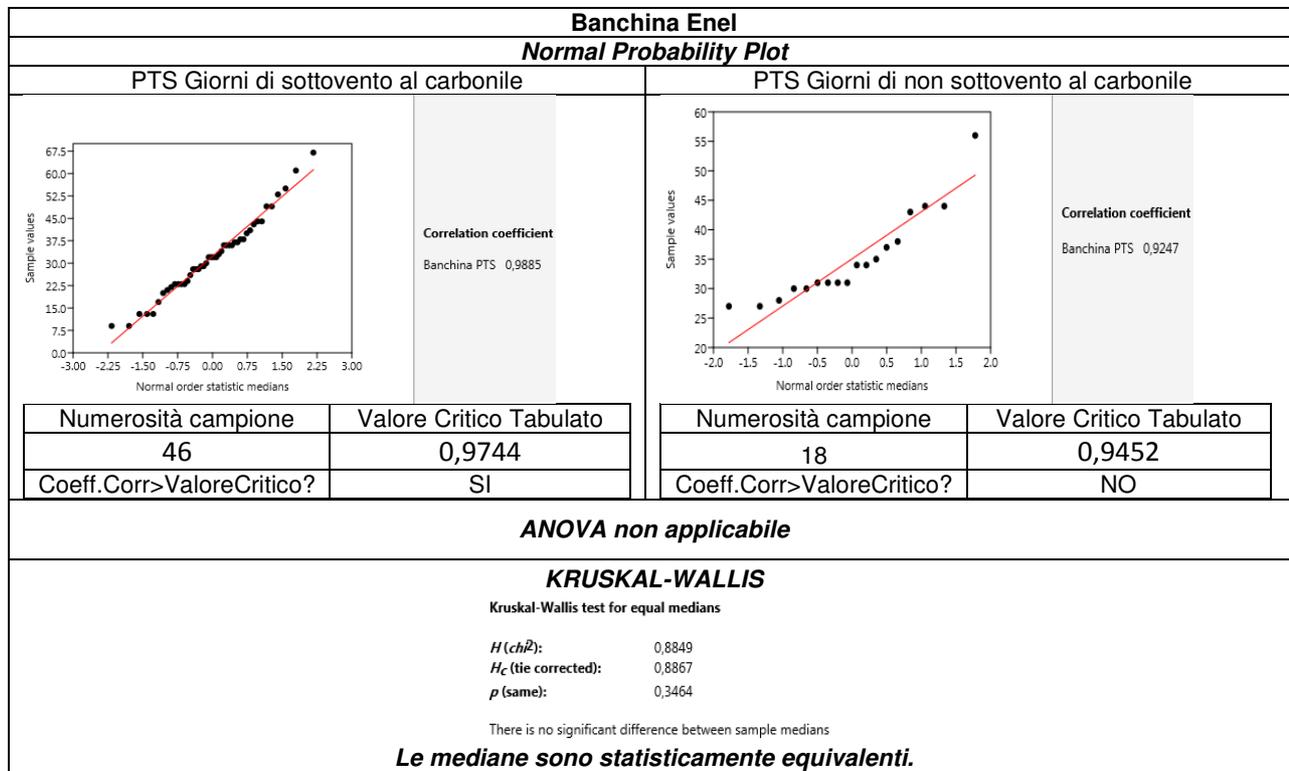
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali - U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



### Analisi statistica - Velocità del vento $3 \leq 4,4\text{m/s}$

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi statistica effettuata sulle PTS misurate nei giorni di sottovento e non sottovento alle sorgenti emissive. I *data set* sono costituiti dai dati delle campagne P18 18/1 e P18 18/2, effettuate in concomitanza di scarico e movimentazione del carbone.





# ARPAL

Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
nell'Ambiente

## KRUSKAL-WALLIS

Kruskal-Wallis test for equal medians

$H(ch^2)$ :	0,227
$H_C$ (tie corrected):	0,2273
$p$ (same):	0,6335

There is no significant difference between sample medians

***Le mediane sono statisticamente equivalenti.***

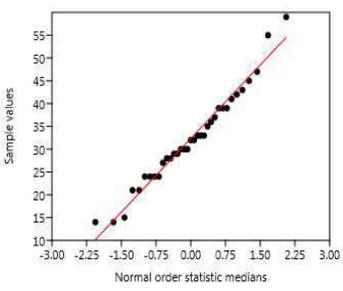
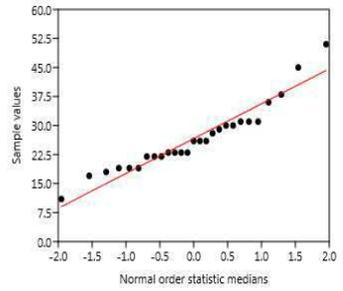
### Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria

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

<b>Torre T4</b>			
<b>Normal Probability Plot</b>			
PTS Giorni di sottovento al Nastro Trasportatore		PTS Giorni di non sottovento al Nastro Trasportatore	
	<p>Correlation coefficient</p> <p>Torre 4 - PTS 0,986</p>		<p>Correlation coefficient</p> <p>Torre 4 - PTS 0,9577</p>
Numerosità campione	Valore Critico Tabulato	Numerosità campione	Valore Critico Tabulato
35	0,9678	27	0,9600
Coeff.Corr>ValoreCritico?	SI	Coeff.Corr>ValoreCritico?	NO
<b>ANOVA non applicabile</b>			
<b>KRUSKAL-WALLIS</b>			
Kruskal-Wallis test for equal medians			
<p><math>H(ch^2)</math>: 6,279</p> <p><math>H_c</math> (tie corrected): 6,291</p> <p><math>p</math> (same): 0,01213</p>			
There is a significant difference between sample medians			
<b>Le mediane sono statisticamente diverse.</b>			

<b>Torre T7</b>	
<b>Normal Probability Plot</b>	



PTS Giorni di sottovento al carbonile		PTS Giorni di non sottovento al carbonile			
	Correlation coefficient Torre 7 - PTS 0,9797		Correlation coefficient Torre 7 - PTS 0,9871		
Numerosità campione	Valore Critico Tabulato	Numerosità campione	Valore Critico Tabulato		
29	0,9622	35	0,9678		
Coeff.Corr>ValoreCritico?	SI	Coeff.Corr>ValoreCritico?	SI		
ANOVA					
<b>Test for equal means</b>					
	<b>Sum of sqrs</b>	<b>df</b>	<b>Mean square</b>	<b>F</b>	<b>p (same)</b>
<b>Between groups:</b>	73,6968	1	73,6968	1,026	0,3151
<b>Within groups:</b>	4454,05	62	71,8396		<b>Permutation p (n=99999)</b>
<b>Total:</b>	4527,75	63			0,3144
Fcalcolato	Fcritico	pValue	Fcalcolato<Fcritico e P Value >5%? (SI/NO)		
1,026	3,99	32%	SI = <b>Le medie sono statisticamente equivalenti</b>		
KRUSKAL-WALLIS					
Kruskal-Wallis test for equal medians					
<b>H (chi<sup>2</sup>):</b>	1,238				
<b>H<sub>c</sub> (tie corrected):</b>	1,242				
<b>p (same):</b>	0,2652				
There is no significant difference between sample medians					
<b>Le mediane sono statisticamente equivalenti.</b>					

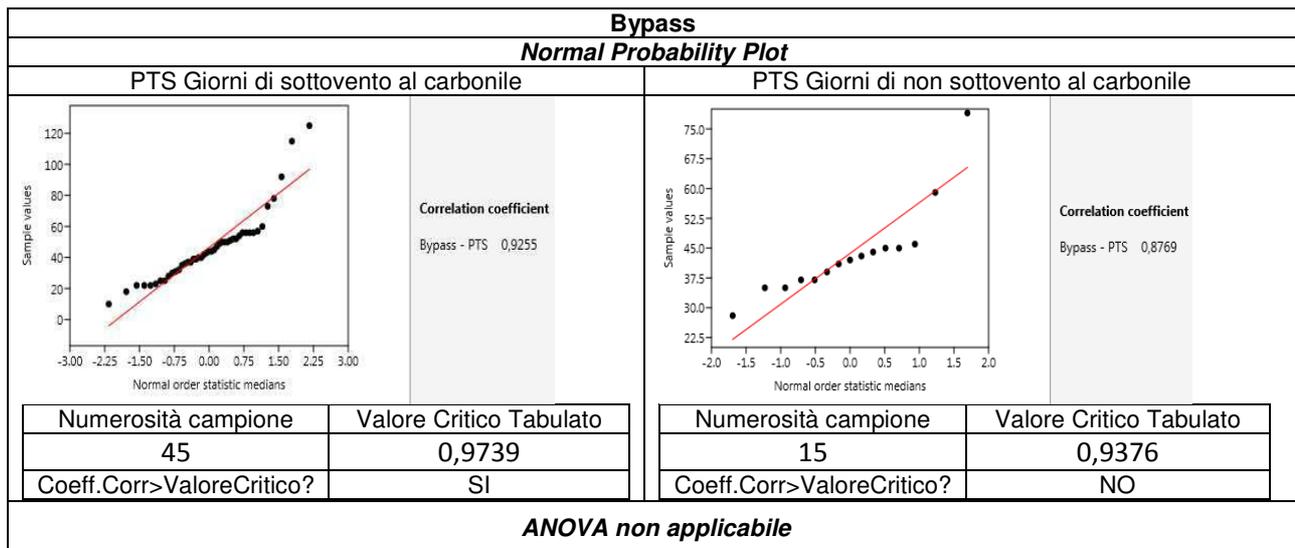
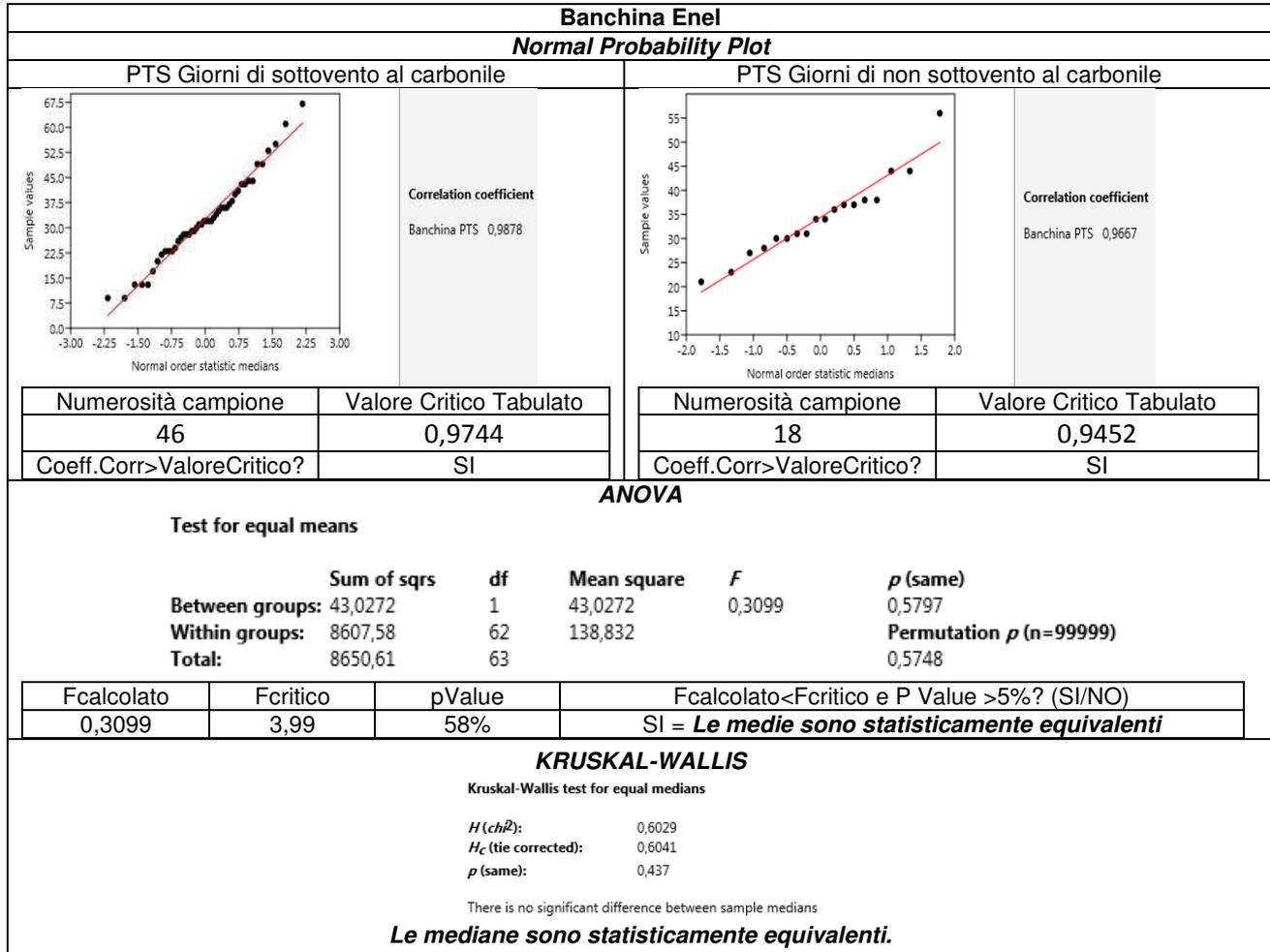




<b>Torre T7</b>			
<b>Normal Probability Plot</b>			
PTS Giorni di sottovento al Nastro Trasportatore		PTS Giorni di non sottovento al Nastro Trasportatore	
Numerosità campione		Valore Critico Tabulato	
48		0,9753	
Coeff.Corr>ValoreCritico?		SI	
Numerosità campione		Valore Critico Tabulato	
27		0,9600	
Coeff.Corr>ValoreCritico?		NO	
<b>ANOVA non applicabile</b>			
<b>KRUSKAL-WALLIS</b>			
Kruskal-Wallis test for equal medians			
$H (ch^2):$ 3,08 $H_c (tie corrected):$ 3,088 $p (same):$ 0,07886			
There is no significant difference between sample medians			
<b>Le mediane sono statisticamente equivalenti.</b>			



## Analisi statistica - Velocità del vento 4,4 ≤ 10m/s



### KRUSKAL-WALLIS

Kruskal-Wallis test for equal medians

$H(ch^2)$ : 0,08423  
 $H_C$  (tie corrected): 0,08434  
 $p$  (same): 0,7715

There is no significant difference between sample medians

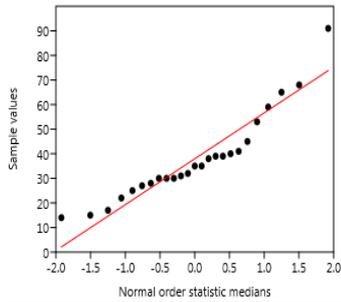
**Le mediane sono statisticamente equivalenti.**

### Torre T4

#### Normal Probability Plot

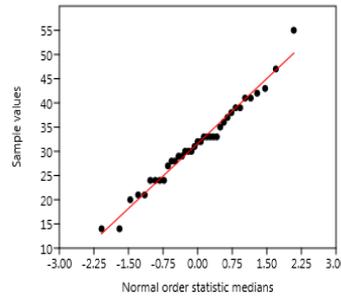
PTS Giorni di sottovento al Nastro Trasportatore

PTS Giorni di non sottovento al Nastro Trasportatore



Correlation coefficient

Torre 4 - PTS 0,9436



Correlation coefficient

Torre 4 - PTS 0,9889

Numerosità campione	Valore Critico Tabulato
25	0,9575
Coeff.Corr>ValoreCritico?	NO

Numerosità campione	Valore Critico Tabulato
37	0,9693
Coeff.Corr>ValoreCritico?	SI

**ANOVA non applicabile**

### KRUSKAL-WALLIS

Kruskal-Wallis test for equal medians

$H(ch^2)$ : 1,368  
 $H_C$  (tie corrected): 1,371  
 $p$  (same): 0,2416

There is no significant difference between sample medians

**Le mediane sono statisticamente equivalenti.**

### Torre T7

#### Normal Probability Plot

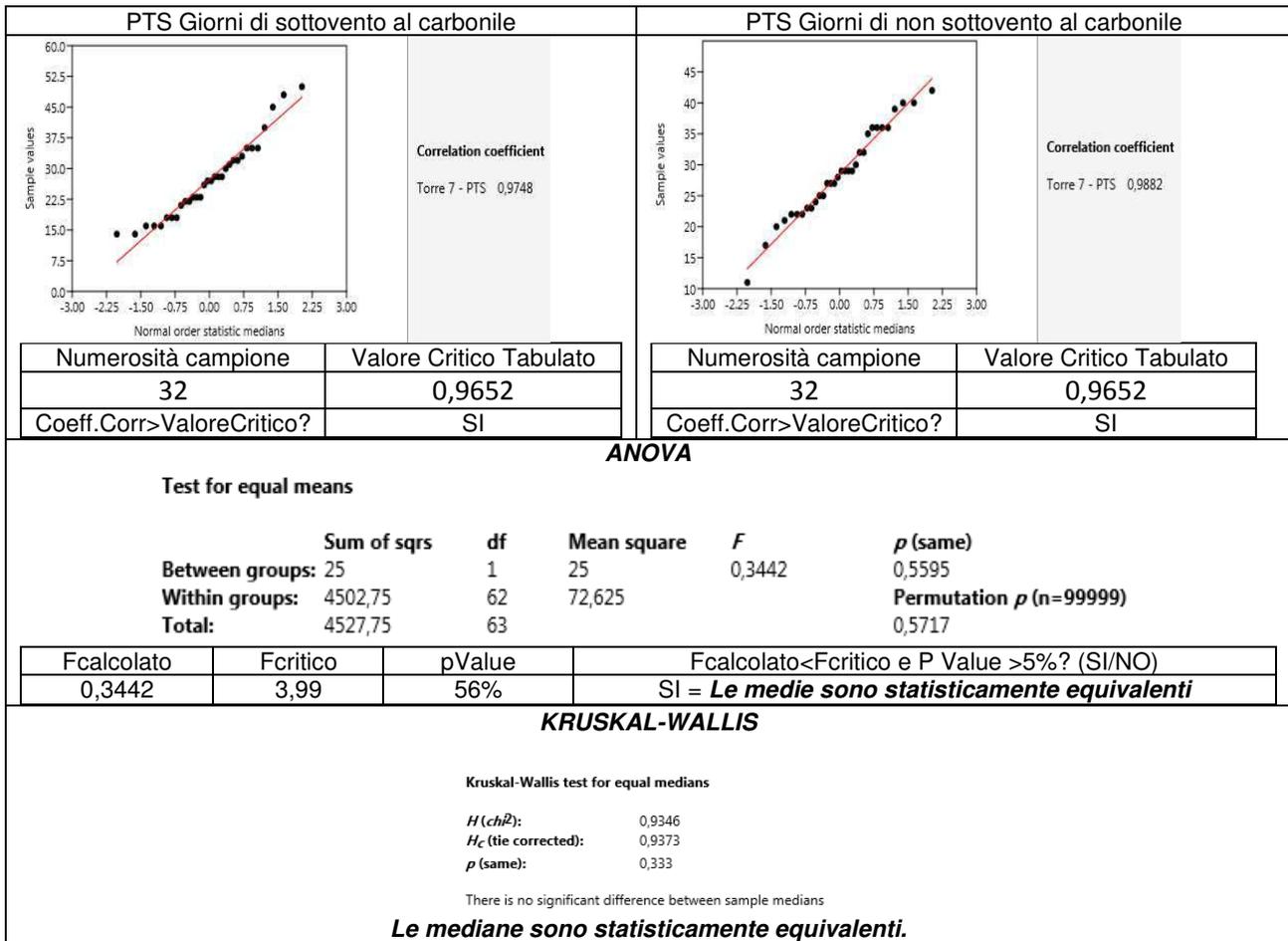
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

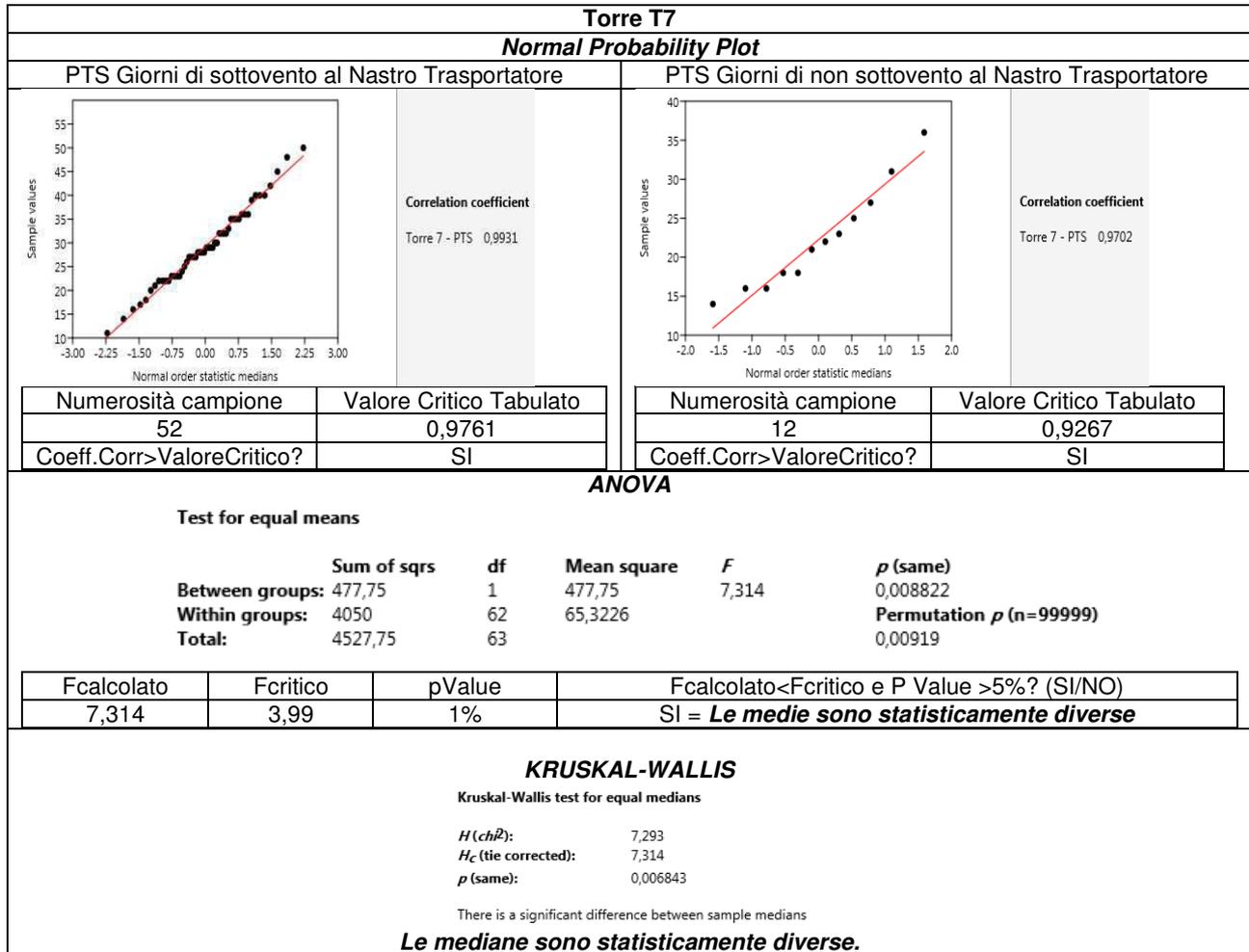
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM  
**BS OHSAS 18001**





## APPENDICE 6 –TRAFFICO

**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

## TRANSITO DI VEICOLI NELLA ZONA DI FOSSAMAISTRA

Durante il periodo delle campagne stagionali, sono state installate tre strumentazioni per misurare il numero di transiti di veicoli (contatraffico) nella zona della Banchina Enel e nei pressi della Darsena. Nella figura che segue è riportata l'ubicazione degli strumenti che sono stati denominati:

- contatraffico 1: Aurelia 1-A, posizionato in Banchina ENEL;
- contatraffico 2: Aurelia 1-B, posizionato dal lato opposto della strada di fronte al contatraffico Aurelia 1-A;
- contatraffico 3: Darsena, posizionato in via delle Casermette.

L'ubicazione dei contatraffico è mostrata nella figura seguente:

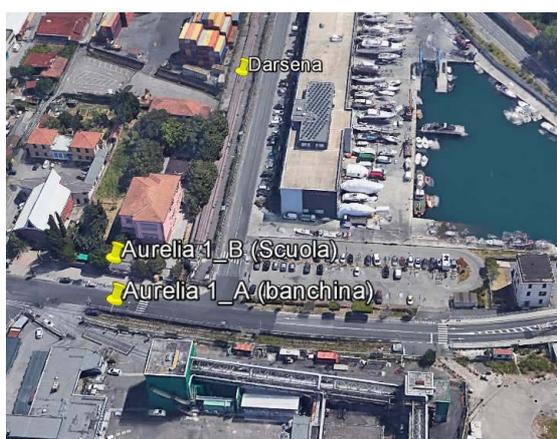


Figura 1 - Ubicazione dei contatraffico durante le campagne del primo semestre 2018.

Gli strumenti sono stati programmati in maniera da distinguere la lunghezza dei veicoli (maggiore o minore di 5 m), attribuendo i veicoli con lunghezza inferiore a 5 m al traffico automobilistico e quelli con lunghezza maggiore di 5 m a camion e bus.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i transiti medi giornalieri dei veicoli nelle campagne del 2018:

AURELIA 1A - 18/1 - Inverno 2018 - Media veicoli per giorno settimana								
Giorno	n	Auto verso LERICI	Camion + bus verso LERICI	Auto verso LA SPEZIA	Camion + bus verso LA SPEZIA	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lunedì	4	3473	289	3820	284	7293	573	7866
martedì	4	3490	283	3922	258	7411	541	7952
mercoledì	4	3406	278	3966	251	7372	528	7901
giovedì	4	2886	236	3084	244	5969	480	6449
venerdì	3	3292	260	3224	262	6515	522	7038
sabato	4	2446	77	2969	97	5415	174	5589
domenica	4	2437	59	2600	59	5037	117	5154

AURELIA 1A - 18/2 - Estate 2018 - Media veicoli per giorno settimana								
Giorno	n	Auto verso LERICI	Camion + bus verso LERICI	Auto verso LA SPEZIA	Camion + bus verso LA SPEZIA	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lunedì	5	3390	242	5380	325	8770	567	9337
martedì	5	3362	227	5138	299	8500	526	9026
mercoledì	5	3470	242	5102	338	8572	580	9151
giovedì	4	3525	264	5851	359	9376	623	9998
venerdì	4	3603	239	5197	345	8799	584	9383
sabato	5	3386	176	5020	247	8406	423	8829
domenica	5	2644	82	4124	112	6768	194	6963

**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



**AURELIA 1B - 18/1 - Inverno 2018 - Media veicoli per giorno settimana**

Giorno	n	Auto verso LA SPEZIA	Camion + bus verso LA SPEZIA	Auto verso LERICI	Camion + bus verso LERICI	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lunedì	5	3483	94	814	21	4296	115	4411
martedì	4	3603	73	751	17	4354	89	4443
mercoledì	5	3751	81	720	17	4471	98	4569
giovedì	5	3254	70	720	17	3974	86	4060
venerdì	5	3442	81	752	18	4194	99	4293
sabato	4	3114	67	784	17	3898	83	3981
domenica	5	2571	34	595	9	3166	43	3209

**AURELIA 1B - 18/2 - Estate 2018 - Media veicoli per giorno settimana**

Giorno	n	Auto verso LA SPEZIA	Camion + bus verso LA SPEZIA	Auto verso LERICI	Camion + bus verso LERICI	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lunedì	3	3609	203	4846	288	8456	491	8947
martedì	2	5339	154	3365	225	8703	378	9081
mercoledì	2	5276	103	3432	189	8708	292	9000
giovedì	2	4735	223	5357	346	10092	569	10660
venerdì	2	5735	111	2781	158	8516	269	8785
sabato	3	3250	167	4666	226	7916	393	8309
domenica	2	3917	58	3830	69	7747	127	7874

**DARSENA - 18/1 - Inverno 2018 - Media veicoli per giorno settimana**

Giorno	n	Auto verso il PORTO	Camion + bus verso il PORTO	Auto verso C.le ENEL	Camion + bus verso C.le ENEL	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lunedì	3	473	163	336	109	809	272	1082
martedì	4	772	209	497	78	1269	287	1556
mercoledì	5	534	198	447	116	981	315	1296
giovedì	5	766	245	590	171	1356	416	1772
venerdì	5	615	212	420	92	1035	303	1338
sabato	4	339	89	275	32	614	122	735
domenica	2	215	13	130	3	345	15	360

**DARSENA - 18/2 - Estate 2018 - Media veicoli per giorno settimana**

Giorno	n	Auto verso il PORTO	Camion + bus verso il PORTO	Auto verso C.le ENEL	Camion + bus verso C.le ENEL	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lunedì	5	441	42	588	33	1029	75	1104
martedì	5	449	47	532	23	981	70	1050
mercoledì	5	403	48	468	28	871	76	947
giovedì	4	433	36	565	32	998	67	1065
venerdì	5	426	41	614	28	1040	69	1109
sabato	5	193	6	284	3	477	10	486
domenica	5	106	3	156	1	262	4	266

I transiti di veicoli nella zona di Fossamastra nel 2018 sono risultati sempre elevati e comparabili con quelli degli anni precedenti.

**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



## APPENDICE 7

### 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

Member of CISQ Federation



<b>Postazione</b>	<b>TORRE T4 – T4</b>
<b>Tipologia</b>	<b>industriale urbana</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 6'30.40"N- 9°51'41.97"E - 5 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (**)</b>	<b>metalli – EC/OC – Presenza Carbone con SEM - PTS</b>

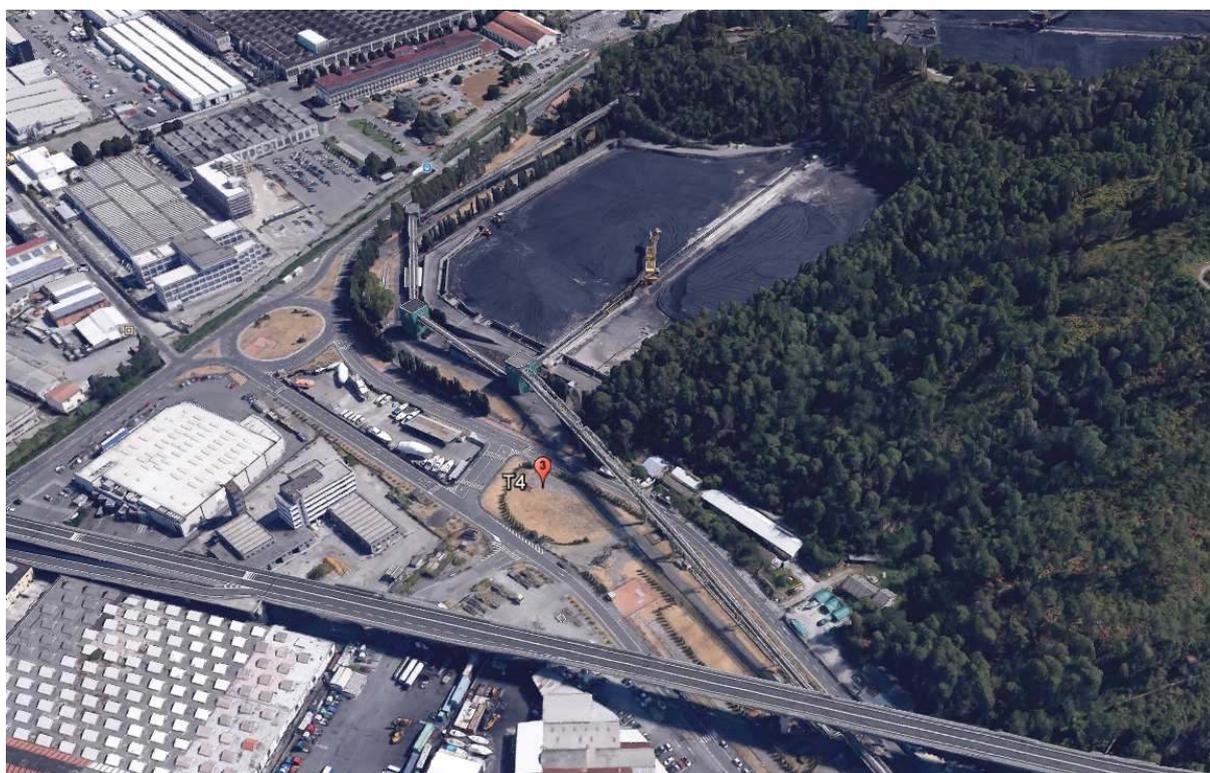


#### Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è posto in uno spiazzo erboso in prossimità del punto in cui la linea di movimentazione del carbone scavalca via privata ENEL, poco prima della torre T4; a Sud dell'area corre via privata OTO: entrambe le strade qui citate sono caratterizzate dal passaggio di numerosi mezzi pesanti.

Si segnala inoltre, in direzione Est, a circa 100 m, il raccordo sopraelevato Spezia-Lerici, e ad Ovest il carbonile Val Fornola, il cui accesso principale è posto a circa 30 m.

La presenza di alberi che contornano il sito di misura limita la rappresentatività dei dati di vento.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro in-organici (**)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
<b>Campionatore PTS (**)</b>	TECORA			
<b>Temperatura aria <sup>1</sup></b>	LASTEM	-	-	
<b>Velocità e direzione vento <sup>1</sup></b>	LASTEM	-	-	rilevato a 4 m

(\*\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

<sup>1</sup> dati acquisiti a partire da agosto 2015

<b>Postazione</b>	<b>TORRE T7 – T7</b>
<b>Tipologia</b>	<b>industriale urbana</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 6'35.19"N - 9°52'10.45"E - 5 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (**)</b>	<b>metalli – EC/OC – Presenza Carbone con SEM – PTS – meteo</b>



#### Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è posto in prossimità della torre 7 della linea di movimentazione carbone in un'area parzialmente asfaltata; a circa 15 m, in direzione N, si sviluppa via Valdilocchi (caratterizzata da traffico veicolare, con prevalenza di mezzi pesanti) e a circa 50 m in direzione S, un filare di alberi ad alto fusto separa la postazione dall'inizio del carbonile Val Bosca. In direzione NE, a circa 500 m vi è il camino del gruppo 3 a carbone.

Si evidenzia che nel corso dell'estate 2016 è stato collocato in prossimità barriere in prossimità dell'argine settentrionale del limitrofo carbonile un sistema di barriere utile a contenere i possibili effetti dell'azione eolica.

Nel raggio di circa 200 m i terreni risultano prevalentemente non asfaltati, con presenza di aree prevalentemente boscate. La presenza di molti ostacoli intorno al sito di misura limita la rappresentatività dei dati di vento.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro in-organici (**)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
<b>Campionatore PTS (**)</b>	TECORA			
<b>Temperatura aria</b>	LASTEM	-	-	
<b>Velocità e direzione vento</b>	LASTEM	-	-	rilevato a 4 m

(\*\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

<b>Postazione</b>	<b>BANCHINA ENEL – WS#1 (A)</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 6'17.01"N - 9°51'20.50"E - 2 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (**)</b>	<b>Determinazione gravimetrica sulle 3 frazioni di PM raccolte (PM &gt; 10 µm, 10 µm &lt; PM &lt; 2,5 µm, PM &lt; 2.5 µm) con campionamento vento selettivo + metalli &amp; specie ioniche (opzionale).</b>
<b>Config. campionamento</b>	<b>Settore1 (sottovento): da SSE a SW (da 146° a 236°) Settore2 (sopravento): rimanente Calma (m/s): &lt; 1 m/s Flusso impostato: 3500 l/h</b>



#### Note caratteristiche del sito

Il sito di misura si trova sul lato Nord della Banchina Terminal ENEL.  
Le teste di prelievo ed il sensore vento sono a circa 5 m dal suolo.  
Il nastro per lo scarico e movimentazione del carbone in banchina è a circa 100 m in direzione S  
In direzione NW è presente il terminal Tarros con il punto di attracco nave più prossimo a circa 60 m.

Nella mappa sottostante rappresentazione grafica dei due settori di sottovento per WS#1 e WS#2.



	marca	modello	S/N	note
<b>Campionatore Vento Selettivo</b>	Instruments GmbH	Genius5		

(\*\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

<b>Postazione</b>	<b>PAGLIARI – WS#2 (B)</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 6'8.15"N- 9°51'22.41"E - 3 m slm</b>
<b>Parametri monitorati(**)</b>	<b>Determinazione gravimetrica sulle 3 frazioni di PM raccolte (PM &gt; 10 µm, 10 µm &lt; PM &lt; 2,5 µm, PM &lt; 2.5 µm) con campionamento vento selettivo + metalli &amp; specie ioniche (opzionale).</b>
<b>Config. campionamento</b>	<b>Settore1 (sottovento): da WNW a N (da 281° a 11°) Settore2 (sopravento): rimanente Calma (m/s): &lt; 1 m/s Flusso impostato: 3500 l/h</b>



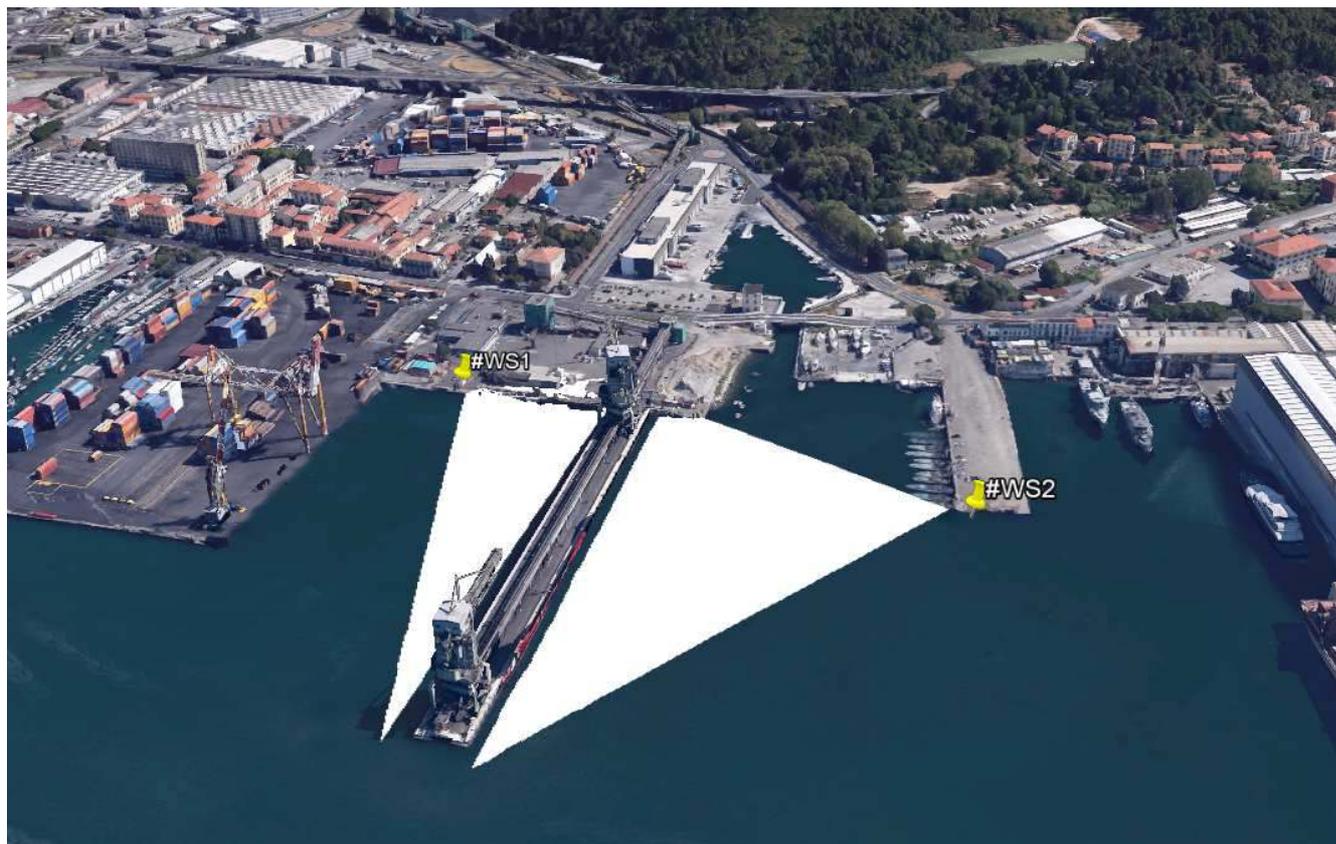
#### Note caratteristiche del sito

Il sito di misura si trova in testa al molo Pagliari. Le teste di prelievo ed il sensore vento sono a circa 3 m dal suolo.

Si segnala il possibile disturbo dovuto alla presenza di alcune imbarcazioni che hanno la concessione all'attracco in prossimità dello strumento nonché la presenza a Nord, appena prima del nastro carbone, di un cantiere attivo gestito da AP della Spezia nell'ambito della realizzazione della nuova marina per le imbarcazioni da diporto.

Il nastro per lo scarico e movimentazione del carbone in banchina è a circa 150 m in direzione N.

Nella mappa sottostante rappresentazione grafica dei due settori di sottovento per WS#1 e WS#2.



	marca	modello	S/N	note
<b>Campionatore Vento Selettivo</b>	Instruments GmbH	Genius5		

(\*\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

<b>Postazione</b>	<b>FOSSAMAISTRA BYPASS - WS#2</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 6'18.11"N - 9°51'26.07"E - 6 m slm</b>
<b>Parametri monitorati(**)</b>	<b>Determinazione gravimetrica sulle 3 frazioni di PM raccolte (PM &gt; 10 µm, 10 µm &lt; PM &lt; 2,5 µm, PM &lt; 2.5 µm) con campionamento vento selettivo + metalli &amp; specie ioniche.</b>
<b>Config. campionamento</b>	<b>Settore1 (sottovento): da S a WSW (da 157.5° a 248°) Settore2 (sopravento): rimanente Calma (m/s): &lt; 1 m/s Flusso impostato: 3500 l/h</b>



### 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.

Nella mappa sottostante rappresentazione grafica dei due settori di sottovento per WS#1 e WS#2.



	marca	modello	S/N	note
<b>Campionatore Vento Selettivo</b>	Instruments GmbH	Genius5		

(\*\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

<b>Postazione</b>	<b>BANCHINA ENEL – BE</b>
<b>Tipologia</b>	<b>industriale urbana</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 6'15.80"N - 9°51'23.40"E - 2 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (**)</b>	<b>metalli – EC/OC – Presenza Carbone con SEM - PTS</b>



#### **Note caratteristiche del sito**

Il sito di misura è situato nel piazzale adiacente la banchina di movimentazione del carbone della centrale ENEL, in un punto equidistante dalla radice del molo e da Viale S. Bartolomeo, separato però da quest'ultima da un capannone edificio di circa 6 m di altezza. Sul lato S è presente il nastro carbone, nel tratto tra la torre T1 e la torre T2 posta a circa 40 m in direzione NE. Nel raggio di circa 200 m si segnalano altre attività oltre quella di movimentazione carbone: terminal container (con attracco di navi mercantili) e darsena con attività di cantieristica; i terreni in questo raggio risultano asfaltati eccezion fatta per un'area a S, appena oltre il nastro carbone che presenta un cantiere attivo gestito da AP della Spezia nell'ambito della realizzazione della nuova marina per le imbarcazioni da diporto.

Si segnala a circa 100 m N la postazione RQA di Fossamastra.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro in-organici (**)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
<b>Campionatore PTS (**)</b>	TECORA			ARPAL

(\*\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

**Postazione**

**Tipologia**

**Coordinate-quota**

**Parametri monitorati (\*\*)**

**DIFFUSORE ENEL – DF**

**industriale urbana**

**44° 6'25.31"N - 9°51'17.43"E - 2 m slm**

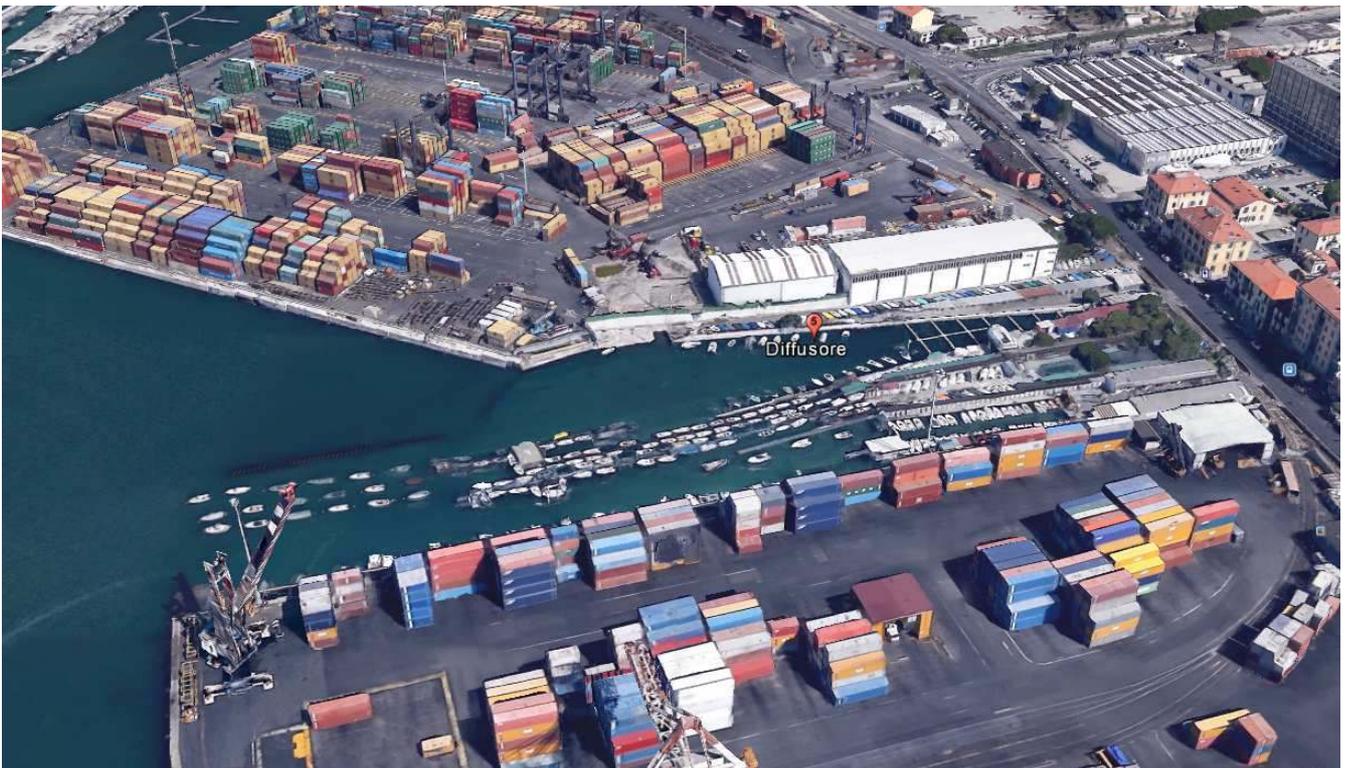
**metalli – EC/OC – Presenza Carbone con SEM**



**Note caratteristiche del sito**

Il sito di misura è posto in prossimità del canale di uscita delle acque di raffreddamento della Centrale in una zona caratterizzata dalla presenza di vari rimessaggi di imbarcazioni da diporto; in direzione N e S si segnalano due terminal con significativa movimentazione di container e relative banchine di attracco navi mercantili, mentre a E si sviluppa Viale San Bartolomeo, arteria caratterizzata da intenso traffico veicolare, anche di mezzi pesanti.

Infine si evidenzia in direzione N, nelle immediate vicinanze, la presenza di un capannone alto circa 10 m che parzialmente scherma il sito dalle attività del terminal posto al di là di esso.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro in-organici (**)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica

(\*\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

<b>Postazione</b>	<b>FOSSAMAISTRA BYPASS - FS</b>
<b>Tipologia</b>	<b>industriale urbana</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 6'18.11"N - 9°51'26.07"E - 2 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (*)</b>	<b>metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche</b>
<b>Parametri monitorati (**)</b>	<b>metalli – EC/OC – Presenza Carbone con SEM-PTS</b>



#### 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.

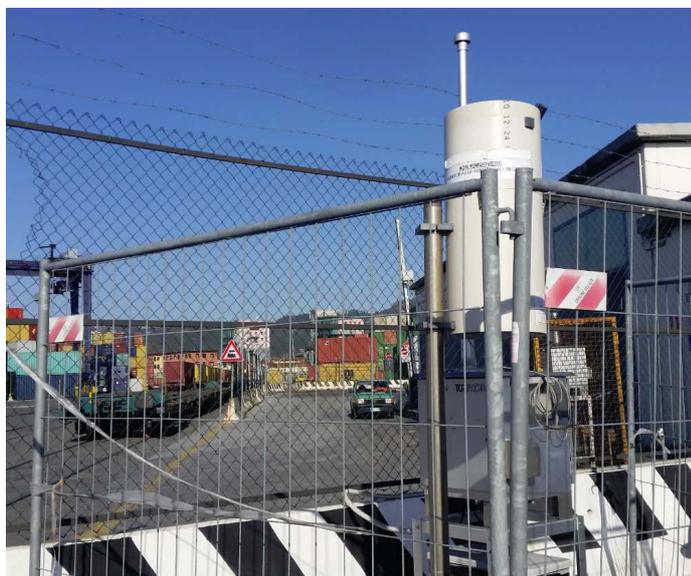


	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro organici (*)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in Pirex
<b>Deposimetro in-organici (*)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
<b>Deposimetro in-organici (**)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
<b>Campionatore PTS (**)</b>	TECORA			
<b>Conta-traffico (**)</b>	-	-	-	su v.le S. Bartolomeo e su via Privata ENEL

(\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

(\*\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

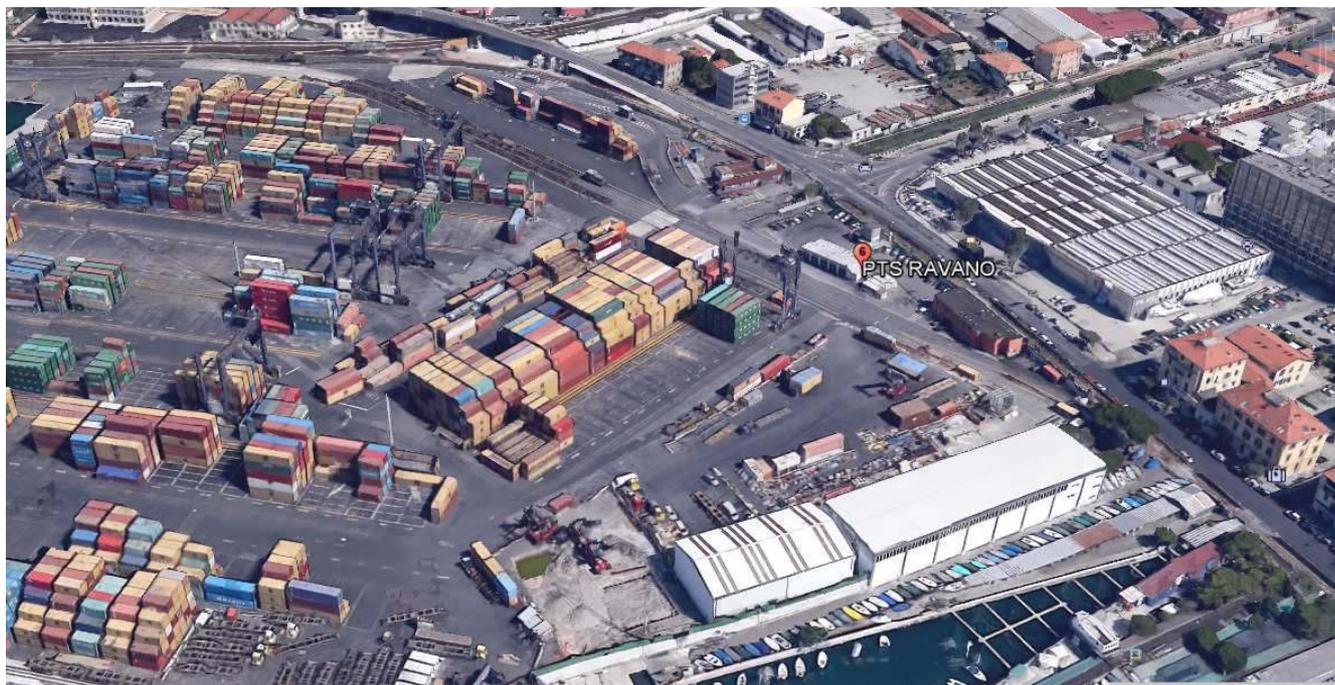
<b>Postazione</b>	<b>RAVANO – RA</b>
<b>Tipologia</b>	<b>industriale urbana</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 6'30.29"N - 9°51'19.79"E - 2 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (**)</b>	<b>metalli –EC/OC – Presenza Carbone con SEM-PTS</b>



#### Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è posto all'interno del terminal LSCT, area Ravano, in un'area in prossimità degli uffici doganali. La zona è caratterizzata da significative attività di movimentazione container con mezzi pesanti: a questo proposito si segnala in direzione N il varco di uscita dal terminal presso il quale si aveva fino all'autunno 2015 la presenza di mezzi pesanti in colonati; a E si sviluppa Viale San Bartolomeo, arteria caratterizzata da intenso traffico veicolare che presenta, a poco più di 60 m, l'incrocio regolato da semaforo con via Valdilocchi, incrocio anch'esso caratterizzato da traffico significativo soprattutto nelle ore di punta.

Si segnala inoltre in area limitrofa a S la presenza dei fasci di binari utilizzati per la formazione dei treni impiegati per la movimentazione container.



	marca	modello	S/N	note
<b>Campionatore PTS (**)</b>	TECORA			
<b>Deposimetro in-organici (*)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica

(\*\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

**ALLEGATO 1**

**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.18 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 2018 (vedi cap. 5 per dettagli) sono stati raccolti 13 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 due campagne, ha eseguito le determinazioni dei metalli (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Tl, V) secondo il seguente schema:

- campagna **P18 18/1** - postazioni di Bypass alto, Torre T4 e Torre T7;
- campagna **P18 18/2** - postazioni di Bypass basso, Torre T4 e Torre T7;

Complessivamente sono stati controllati 6 campioni di deposizione su un totale di 13 (46%) 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 due campagne, è riportata nella tabella che segue:

Parametro	N° campioni conformi	N° campioni NON conformi	N° campioni Totali	% di conformità
Cadmio	6	0	6	100%
Cromo Totale	6	0	6	100%
Piombo	5	1	6	83%
Rame	6	0	6	100%
Arsenico	6	0	6	100%
Vanadio	6	0	6	100%
Manganese	6	0	6	100%
Tallio	6	0	6	100%
Nichel	6	0	6	100%
<b>TOTALE</b>	<b>53</b>	<b>1</b>	<b>54</b>	<b>98%</b>

L'indice di validazione conclusivo, che è dato dalla media delle percentuali di conformità di ogni singolo parametro, risulta pari a 98% e dunque maggiore del valore soglia prefissato dal protocollo ARPAL, pari al 70%.

## CONCLUSIONI

Come risulta dalla tabella sopra riportata, per ciascun parametro il valore della percentuale di conformità complessiva è maggiore del valore soglia indicato dalla procedura ARPAL, pari al 70%, ad indicare che il confronto non ha evidenziato, per nessun parametro, 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 18 AIA le determinazioni analitiche dei metalli nelle deposizioni atmosferiche fornite dal Laboratorio CESI.

**ALLEGATO 2**  
**VALIDAZIONE DEI DATI DI PTS**

**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.18 del Parere Istruttorio dell'AIA rilasciata dal MATTM alla Centrale TME Enel della Spezia.

Per quel che concerne le determinazioni gravimetriche dei PTS 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 due campagne, ha eseguito le determinazioni gravimetriche giornaliere di PTS corrispondente a circa il 20% del totale dei giorni di durata della campagna secondo il seguente schema:

- campagna **P18 18/1** - dal 18/01 al 22/02;
- campagna **P18 18/2** - dal 28/06 al 01/08.

In seguito all'emissione dei Rapporti di Prova relativi al PTS a cura del Laboratorio CESI e del Laboratorio ARPAL, nelle 5 postazioni all'uopo individuate, si è proceduto ad effettuare il confronto tra i risultati ottenuti.

I risultati delle determinazioni gravimetriche sono riportati in Appendice 4 e nel grafico nel capitolo 6 della relazione conclusiva.

**Il confronto e la validazione dei dati di PTS si è basato sull'applicazione del test statistico di Kolmogorov – Smirnov, per verificare che i valori di CESI e di ARPAL provengano da una stessa popolazione.**

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:

Relativamente alla postazione di Bypass non è stato possibile applicare il test in quanto ARPAL ha misurato un solo valore giornaliero di PTS su tutto il periodo. Nella prima tabella viene quindi riportata la dicitura "n.c." ovvero "non calcolabile". Avrà valore il test comprensivo dei dati di entrambe le campagne i cui risultati sono riportati nella seconda tabella a seguire.

Di seguito è riportato il confronto tra i set di dati delle singole campagne di monitoraggio:

	Postazione	Dcalcolato	<i>p Value</i>	Dteorico	Le due popolazioni sono uguali?
P18 18/1	Banchina	0,786	0,4%	0,660	NO
	Bypass	0,517	15%	0,669	SI
	Torre 4	0,592	4%	0,610	SI
	Torre 7	0,726	0,5%	0,612	NO
	Ravano	0,679	1%	0,616	NO
P18 18/2	Banchina	0,571	3%	0,575	SI
	Bypass	0,500	8%	0,575	SI
	Torre 4	0,375	35%	0,584	SI
	Torre 7	0,429	24%	0,612	SI
	Ravano	0,286	67%	0,575	SI

Il test di Kolmogorv – Smirnov eseguito sui risultati delle singole campagne fornisce risultati positivi per tutte le postazioni per la campagna P18 18/2, mentre per la P18 18/1 per alcune postazioni le popolazioni di dati risultano statisticamente diverse.

Di seguito si riporta l'esito del confronto tra i set di dati dell'intero periodo di monitoraggio:

	Postazione	Dcalcolato	<i>p Value</i>	Dteorico	Le due popolazioni sono uguali?
Tutte le campagne	Banchina	0,280	36%	0,433	SI
	Bypass	0,192	82%	0,436	SI
	Torre 4	0,282	32%	0,421	SI
	Torre 7	0,345	15%	0,433	SI
	Ravano	0,291	29%	0,420	SI

Il test di Kolmogorv – Smirnov eseguito sui set di dati relativi all'intero periodo di monitoraggio fornisce un esito positivo per tutte le postazioni per le quali le popolazioni di dati sono uguali e confrontabili.

## CONCLUSIONE

Il test statistico considerando l'intero periodo di monitoraggio ha evidenziato che i dati di ARPAL e CESI appartengono ad una stessa popolazione; considerando i periodi separatamente sono presenti alcune criticità relative alla campagna invernale. Facendo riferimento però ai grafici del capitolo 6 dove è riportato l'andamento temporale del PTS tra le varie postazioni di monitoraggio della prescrizione 18 e della postazione RQA di Fossamastra (PM10) non sembrano emergere problematiche particolari e si può pertanto ritenere che le differenze statistiche emerse costituiscano un falso positivo legato probabilmente a motivi esterni al campionamento (condizioni meteorologiche, etc..).

**Pertanto si ritengono validati i dati di PTS rilevati da CESI.**