

Centrale Termoelettrica della Spezia

Attuazione della Prescrizione 18

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



Ottobre 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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Indice

1	PREMESSA	5
2	LA PRESCRIZIONE 18	6
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 2019.....	9
2.3	Individuazione delle postazioni di monitoraggio.....	10
2.4	Tipi di deposimetri utilizzati.....	11
2.5	Parametri chimici, metodi e validazione dei dati	12
2.5.1	Suddivisione delle attività analitiche.....	13
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
3	INQUADRAMENTO METEOROLOGICO	15
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.....	18
3.3	Anemometria.....	21
3.4	Precipitazioni.....	24
3.5	Caratteristiche meteo generali delle campagne integrative effettuate a Bypass.	26
3.5.1	La situazione meteo nel corso della campagna P14 19/A (17/12/2018 ÷ 15/01/2019)	26
4	MOVIMENTAZIONE CARBONE E OPERATIVITÀ DELLA CENTRALE ENEL	35
4.1	Scarico navi	35
4.2	Giacenze carbone	36
4.3	Movimentazione carbone	37
4.4	Operatività della centrale.....	39
5	RISULTATI DELLE CARATTERIZZAZIONI DELLE POLVERI	46
5.1	Ratei polveri sedimentabili e entità precipitazioni	46
5.1.1	Valutazione della entità della polverosità	47
5.2	Metalli nelle deposizioni di polveri	48
5.2.1	Ratei di deposizione dei metalli.....	48
5.2.2	Concentrazioni dei metalli nelle polveri depositate	54
5.3	Contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC)	57
5.4	Caratterizzazione mediante SEM delle particelle depositate	59
5.5	Analisi dati rilevati dalla postazione fissa BYPASS annuale	60
5.5.1	Rateo di deposizione di polveri	60
5.5.2	Contenuto di metalli	62
5.5.3	Caratterizzazione mediante SEM.....	64
6	ANDAMENTO E CARATTERIZZAZIONE DELLE POLVERI AERODISPERSE	65
6.1	Monitoraggio Polveri Totali Sospese	65

6.1.1	Contenuto di metalli nelle PTS.....	69
6.2	Il monitoraggio del traffico	73
7	SINTESI DEI RISULTATI DEL MONITORAGGIO FINO AL 2019	74
7.1	Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili.....	75
7.1.1	Deposizioni di metalli contenuti nelle polveri sedimentabili	79
7.1.2	Concentrazione di metalli nelle deposizioni di polveri sedimentabili.....	82
7.2	Indagini mediante SEM e carbonio organico (OC) ed elementare (EC) nelle deposizioni.....	85
7.3	Andamento e caratterizzazione delle polveri totali sospese (PTS).....	89
7.3.1	Contenuto di metalli nelle polveri totali sospese (PTS)	91
8	SINTESI E CONCLUSIONI	93
8.1	Sintesi monitoraggio 2019.....	93
8.2	Sintesi e conclusioni del periodo 2014 ÷ 2019.....	96
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	99

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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107



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 della entità del traffico in zona Fossamastra e Darsena.

APPENDICE 6 - 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 aereodinamico minore o

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

Nel protocollo attuativo della **prescrizione 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 μm e quindi non sarebbero rilevabili con campionatori PM₁₀.

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 deposizioni¹ e di integrarla con campionamento ed analisi del PM₁₀ per valutare la distribuzione degli inquinanti anche sulle particelle più pericolose in quanto raggiungono le prime vie aeree dell'uomo.

I dettagli applicativi del protocollo attuativo della **prescrizione 18** sono descritti nei paragrafi seguenti. Come nell'anno precedente, anche nel 2019:

- 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;
- non sono state effettuate le campagne con l'impiego dei campionatori vento selettivi e sostituite con attività di Source Apportionment (vedi punto successivo);
- sono stati condotti ulteriori approfondimenti sull'attribuzione dei contributi delle varie sorgenti utilizzando i campioni di PM₁₀, presso il sito recettore di Fossamastra e di fondo, non perturbato dalla movimentazione del carbone, di Maggiolina per l'elaborazione mediante Modello al Recettore (software PMF5-EPA).

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 vengono poi scelti in modo da comprendere il maggior numero possibile di giornate di

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

operatività del Terminal di movimentazione del carbone, sulla base della programmazione resa disponibile da ENEL della Spezia.

Nel **2019** sono state condotte le **due** campagne previste dal protocollo: una **estiva** (da fine giugno a fine luglio) ed una **invernale** (dai primi di novembre ai primi di dicembre), entrambe con la centrale in funzione ma con scarico di carbone solo in quella invernale. Nel prospetto che segue sono elencati i periodi di monitoraggio effettuati nel corso del 2019 includendo anche quelli della prescrizione 14:

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

Tabella 1 – Campagne di misura della Prescrizione 14 e 18 del 2019.

Nel corso dell'anno 2019 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
17/12/18 – 15/01/19	BY_A_P18 19
15/01/19 – 14/02/19	BY_B_P18 19
14/02/19 – 14/03/19	BY_C_P18 19
14/03/19 – 18/04/19	BY_D_P18 19
18/04/19 – 22/05/19	BY_E_P18 19
22/05/19 – 20/06/19	BY_F_P18 19
27/07/19 – 05/09/19	BY_G_P18 19
05/09/19 – 08/10/19	BY_H_P18 19
08/10/19 – 07/11/19	BY_I_P18 19

Tabella 2- Campagne di misura integrative della prescrizione 18.

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

2.2.1 Eventi accidentali durante il monitoraggio del 2019

Durante la campagna invernale **P18 19/2**, l'eccezionale quantità di precipitazioni ha costretto ad un cambio anticipato dei deposimetri, avvenuto in data **21/11/2019**, e le deposizioni sono state sommate.

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

- durante la campagna invernale **P18 19/2**: nei giorni **10-11/11/2019** e **23/11/2019** si sono avuti due eventi meteo di avvezione sahariana con significativa deposizione di sabbia sahariana; in data **28/11/2019** presso la scuola ubicata vicino la postazione di Fossamastra si sono verificati dei lavori di manutenzione temporanea;
-
- durante la campagna integrativa **P18 19/E** di **Bypass**, si è avuta avvezione sahariana nei giorni **24-25/04/2019**;
- durante la campagna integrativa **P18 19/G** di **Bypass**, si è avuta una forte avvezione sahariana nel giorno **12/08/2019**;
- durante la campagna integrativa **P18 19/I** di **Bypass**, si sono avuti apporti sabbiosi durante i giorni **15/10/2019** e **23/10/2019**.

2.3 Individuazione delle postazioni di monitoraggio

La scelta delle postazioni effettuata nel 2019 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 2019 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 ²	Strumentazione qualità aria
Banchina ENEL	Scarico del carbone da navi	bulk per inorganici	-	PTS ¹ 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.

¹PTS: Polveri totali sospese

Nel 2019, inoltre, sono state effettuate con l'utilizzo dei laboratori mobili di ARPAL anche campagne puntuali per valutare eventuali pressioni in alcuni punti critici del territorio. Una delle campagne è stata condotta a cavallo con quelle della P18 e precisamente a Melara durante la invernale **19/2**. Il report di questa campagna è disponibile sul sito web di ARPAL.

Nella figura seguente è riportata l'ubicazione delle postazioni che sono state utilizzate per il monitoraggio delle deposizioni, in cui si evince la presenza del solo carbonile di Val Bosca (dismissione del carbonile di Val Fornola a partire da luglio 2016):

² VV e DV = Velocità e Direzione del Vento a 4 m.



Figura 1 - Ubicazione delle postazioni di prelievo.

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

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;
- 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 μg , sono riportati nel prospetto che segue:

Parametro	u.d.m.	Limite di Quantificazione
As	μg	0,02
Cd	μg	0,01
Cr	μg	0,20
Cu	μg	0,05
Hg	μg	0,01

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

Parametro	u.d.m.	Limite di Quantificazione
Mn	µg	0,10
Ni	µg	0,03
Pb	µg	0,02
Tl	µg	0,01
V	µg	0,02

Tabella 4 – Limiti di quantificazione per i metalli. Valori in µg.

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)	[µg su filtro diametro 47 mm]	1,3
Carbonio Elementare (EC)	[µg su filtro diametro 47 mm]	1,3

Tabella 5 – Limiti di quantificazione per OC e EC. Valori in µg totali su filtro.

I valori assoluti in µg 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 µg/m²/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 rivelate 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 2016³) e pertanto in sostituzione sono state effettuate sulle deposizioni.

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 è stato 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 dedicato.

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:

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

- 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 7 campioni sui 12 totali eseguendo la determinazione analitica di tutti e 9 i metalli determinati. L'indice di validazione conclusivo è risultato pari a 94%, maggiore del valore soglia prefissato dal protocollo ARPAL, pari al 70%.

Relativamente alle validazioni di PTS, il test di Kolmogorv – Smirnov eseguito sui risultati delle singole campagne fornisce risultati positivi per tutte le postazioni in entrambe le campagne: le popolazioni di dati sono infatti uguali e confrontabili. Si ritengono pertanto validati i dati di PTS rilevati da CESI.

2.5.4 Rilevazione dei dati di traffico

Durante le due campagne del 2019 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 2019.

3 INQUADRAMENTO METEOROLOGICO

Come riferimento, per le condizioni meteo climatiche 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 di Torre T7.

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 ⁴
Comune della Spezia ⁵	Stazione fissa	40	VV, DV 6 m, TA, UR, PA, RG
Monte Beverone	Stazione fissa	220	VV e DV 15 m, TA, UR, RG
Torre T7	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 due stagioni, sono state, ovviamente, molto diverse tra loro.

La campagna **estiva P18 19/1** (20/06/2019 ÷ 24/07/2019) ha inizio in concomitanza con l'ultima decade di giugno, caratterizzata da un clima estivo molto caldo: a fine mese si assiste ad un significativo rialzo termico, con richiami subtropicali che hanno comportato estremi di temperatura significativi, dapprima sull'Europa occidentale (Spagna e Francia) e successivamente sulla nostra Penisola e sulla Liguria, con anomalie assai marcate (fino +5 °C) ed un assenza quasi totale di precipitazioni.

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

Nella seconda parte di luglio si osserva un cambio di regime sinottico collegato ad una nuova rimonta anticiclonica che tende ad estendersi lungo i meridiani, con richiami di

⁴ 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.

⁵ 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.

aria calda e umida di origine nord-africana che si estendono oltre che al Mediterraneo e la nostra Penisola, anche alla Francia e le zone settentrionali del continente in seguito all'allontanamento della depressione che nella prima metà di luglio aveva insistito su queste ultime zone.

La campagna **invernale P18 19/2** (07/11/2019 ÷ 12/12/2019) ha inizio nel corso dell'ultimo mese dell'autunno e vede una serie di episodi intensi sulla Liguria, con tempo caratterizzato da una estrema alternanza e variegati fenomeni meteorologici legati a episodi di intensa ventilazione, mareggiate, grandinate e rovesci temporaleschi. In linea con ottobre, i massimi precipitativi si osservano sempre sul centro-ponente della regione, evidenziando, solamente tra la metà ottobre e la fine di novembre, quantitativi di precipitazione abbastanza allineati o anche superiori a quelli attesi per tutto l'anno. Sullo spezzino, gran parte del mese è interessata da frequenti episodi precipitativi (ben 17 giornate di pioggia) associati a valori di cumulata mensile sul centro città intorno ai 220 mm (superiore di circa il 20% rispetto al valore atteso dalla climatologia) e picchi di circa 80 mm di cumulata massima giornaliera.

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

Nel dettaglio, la campagna **estiva P18 19/1** ha inizio nell'ultima decade di giugno, un periodo caldo caratterizzato da un significativo rialzo termico, con richiami subtropicali che hanno portato a fine mese estremi di temperatura significativi dapprima sull'Europa occidentale (Spagna e Francia) e successivamente sulla nostra Penisola. Si evidenziano nell'ultima decade di giugno, anomalie termiche assai marcate con assenza pressoché totale di precipitazioni. Anche la prima settimana di Luglio trascorre all'insegna del disagio da caldo sul Mediterraneo e l'Europa centro occidentale, con uno scenario che vede richiami subtropicali dal nord Africa con temperature minime e massime di diversi gradi al di sopra delle medie stagionali.

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

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

L'analisi delle precipitazioni di luglio evidenzia una prima fase instabile il 07/07 (con cumulate tra 15 mm e 26 mm rispettivamente a La Spezia Comune e Pitelli) legata a un evento temporalesco d'intensità moderata ed una successiva, il 15/07 con cumulate giornaliere tra 20 e 30 mm/giorno associate a debolissimi rovesci; l'evento è associato a precipitazioni elevate sulla riviera di ponente (nel savonese si osservano fino a 100

millimetri in 24 ore) con l'innesco di temporali intensi sul settore ligure e la Corsica (una intensa tromba marina a Bastia). Il 15/07 si osserva per le temperature massime un crollo di circa 10 °C nello spezzino, con T massime che non superano i 20 °C.

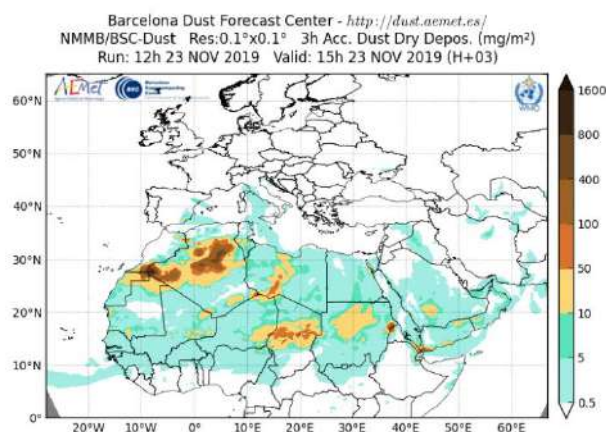
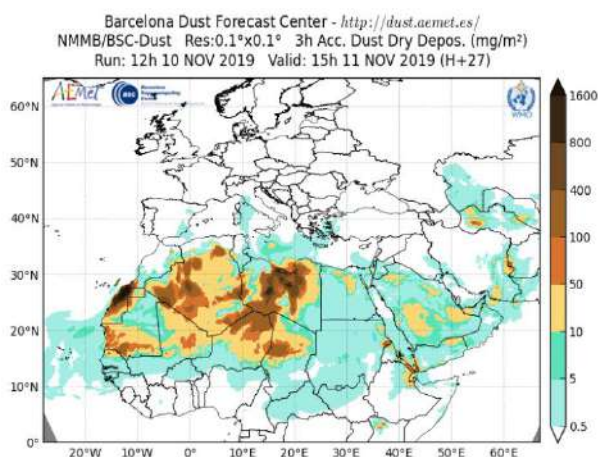
Seguono modeste correnti umide atlantiche fino al 18 luglio che tuttavia non sono associate ad alcuna precipitazione in costa sullo spezzino; tale flusso è seguito da un successivo miglioramento legato alla lenta rimonta dell'alta pressione che porta a una nuova fase di caldo intenso tra il 22 e il 26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

La campagna **invernale P18 19/2** ha inizio ancora nell'autunno e vede sulla regione un'estrema alternanza di fenomeni meteorologici, con la sovrapposizione tra rovesci temporaleschi, grandinate e trombe d'aria, oltre a un'intensa ventilazione associata a mareggiate. In tale contesto, in gran parte del mese di novembre, La Spezia è interessata da episodi precipitativi con 17 giornate di pioggia associate a un totale superiore ai 300 mm/mese (contro i 186,8 attesi) e 76 mm di cumulata massima giornaliera.

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

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

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



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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

Sulla costa spezzina, questi richiami di aria umida danno luogo a cumulate meno significative rispetto al centro ponente della Liguria anche se associati a rinforzi del vento (a La Spezia raffiche di 70 km/h da sud-est); seguono intensità meno importanti nella prima decade di dicembre, ad eccezione del 9-10 del mese, quando si registrano punte massime di 36 km/h (raffiche moderate) dai quadranti settentrionali.

Le precipitazioni, a fine mese e successivamente con l'inizio di dicembre, seguono valori giornalieri meno importanti (quantitativi inferiori a 7 mm/giorno) fatto salvo un picco prossimo ai 50 sulle 24 ore nella postazione in comune di Follo.

3.2 Andamento della temperatura e dell'umidità

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:

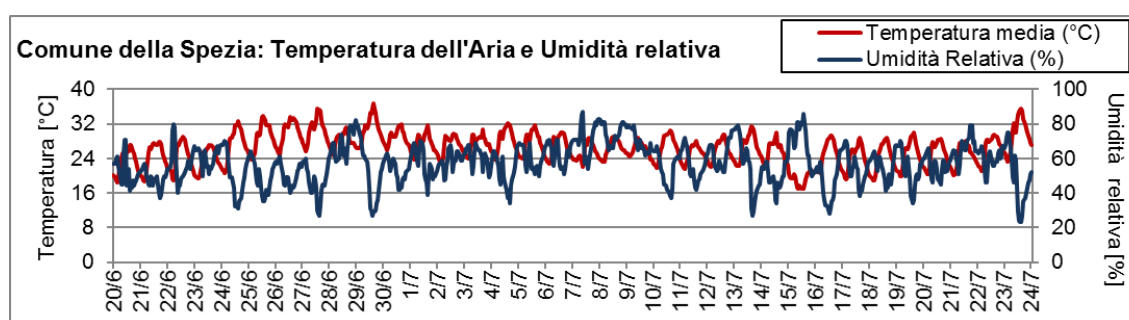


Figura 2 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 19/1.

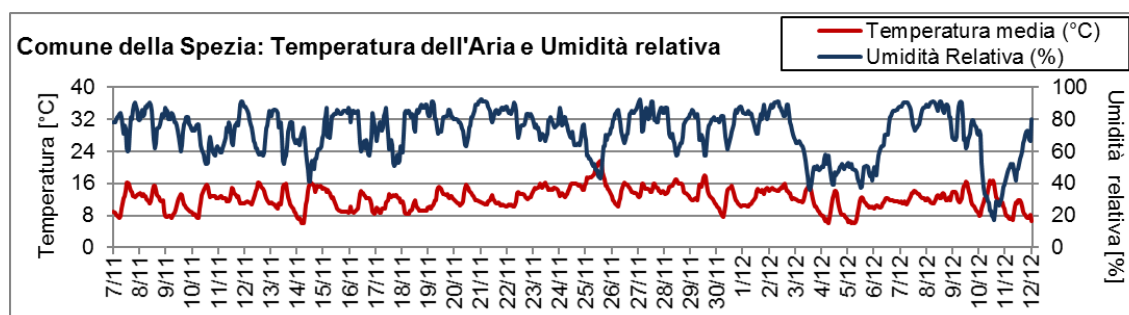


Figura 3 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 19/2.

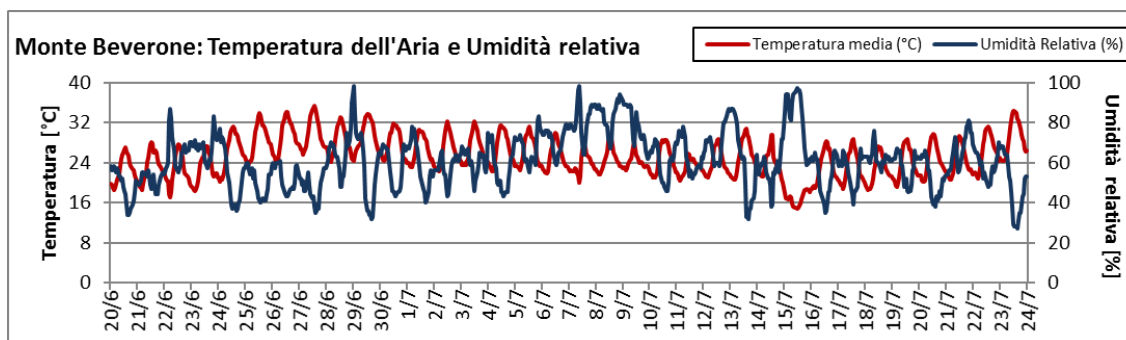


Figura 4 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 19/1.

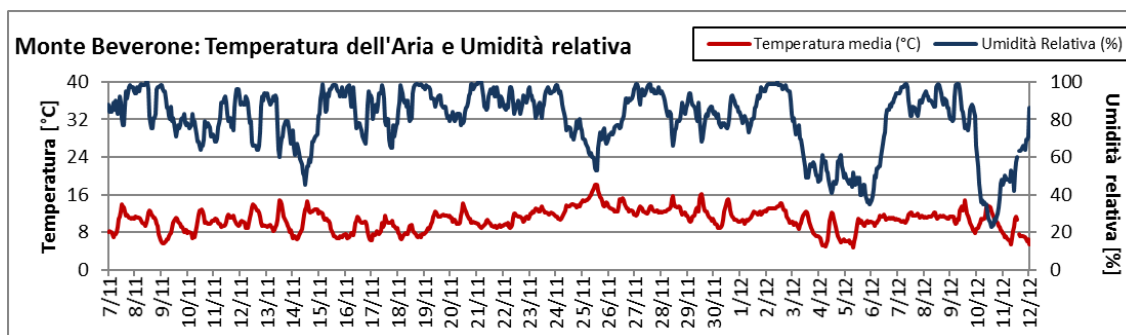


Figura 5 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 19/2.

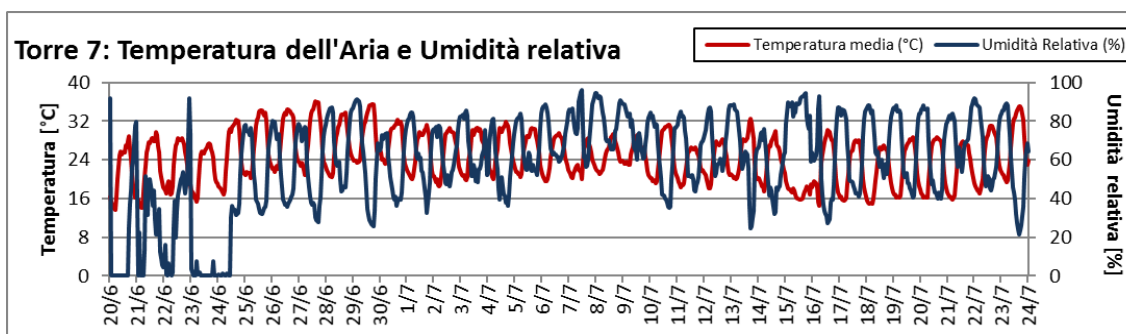


Figura 6 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 19/1.

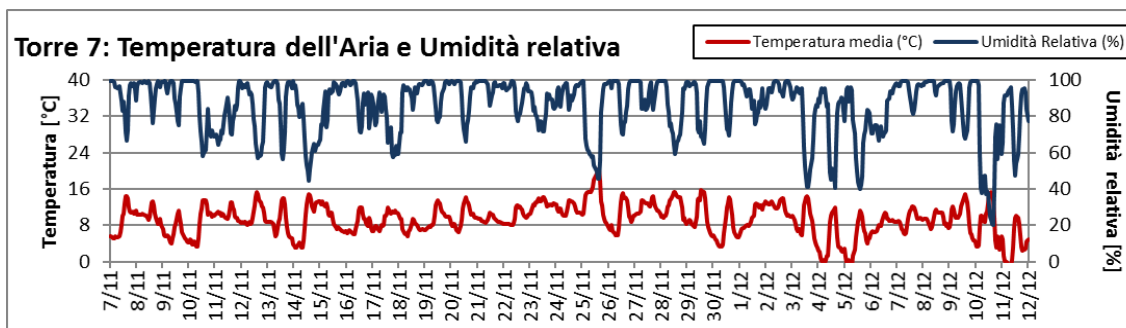


Figura 7 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P18 19/2.

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

Comune della Spezia		
	estiva	invernale
	P18 19/1	P18 19/2
Temperatura (°C)		
media	26	12
minimo	17	6
massimo	37	22
mediana	27	12
Umidità (%)		
media	57	72
minimo	23	17
massimo	87	92
mediana	57	76

Tabella 7 – Indici statistici meteorologici Comune della Spezia.

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

3.3 Anemometria

Di seguito sono riportate le Rose dei Venti geolocalizzate sulle postazioni individuate come rappresentative: Comune della Spezia, Monte Beverone 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 8 - Rose dei venti durante la P18 19/1



Figura 9 - Rose dei venti durante la P18 19/2

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

I venti hanno mostrato un comportamento significativamente differente nel corso dei due periodi di monitoraggio, con i venti più intensi (sopra i 6 m/s) provenienti in prevalenza dai quadranti settentrionali in inverno, dai quadranti meridionali in estate, quando sono molto ben evidenti i regimi di brezza.

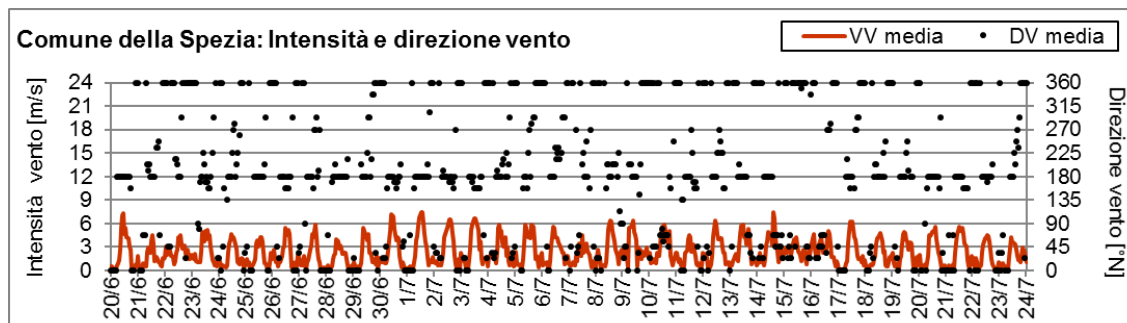


Figura 10 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P18 19/1 (Comune della Spezia).

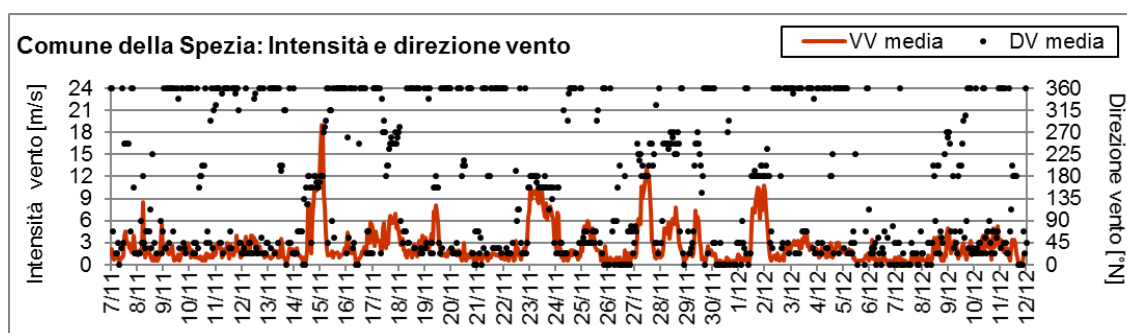


Figura 11 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P18 19/2 (Comune della Spezia).

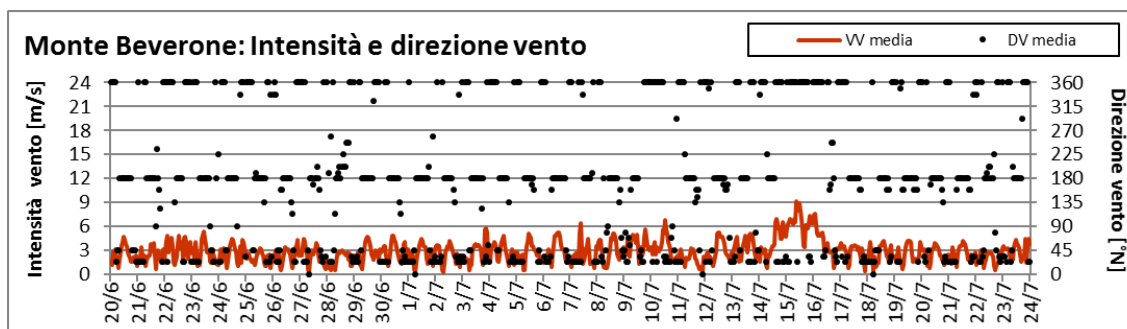


Figura 12 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P18 19/1 (Monte Beverone).

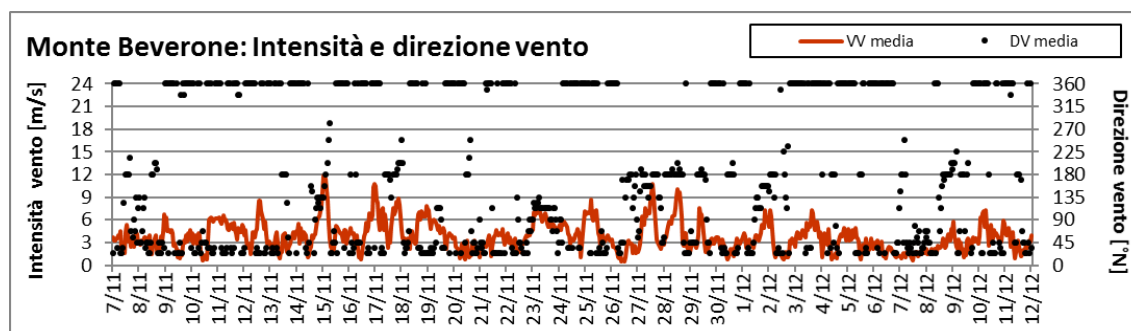


Figura 13 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P18 19/2 (Monte Beverone).

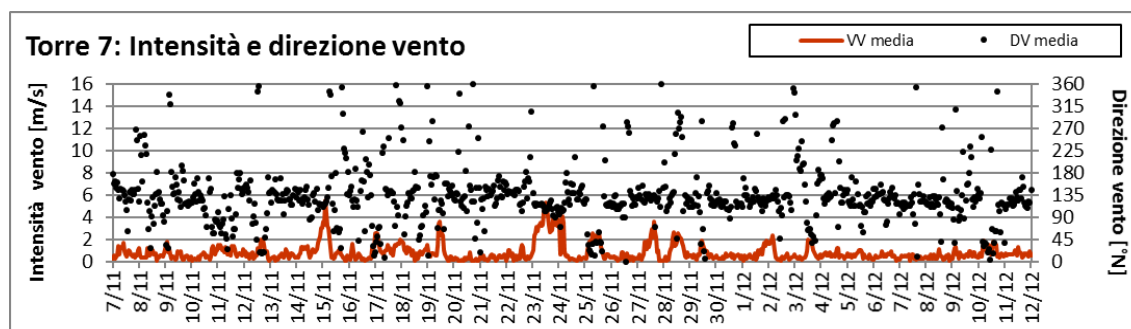


Figura 14 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P18 19/2 (Torre T7).

Nei precedenti grafici sono riportati gli andamenti temporali nei due periodi di monitoraggio della centralina meteo del Comune della Spezia, Monte Beverone e di Torre T7.

In modo più marcato nella campagna estiva (P18 19/1), ma comunque in generale in assenza di situazioni di forzanti a scala sinottica, è ben visibile la ciclicità nell'intensità e direzione del vento (legata per l'appunto ai meccanismi di brezza) con punte anche oltre i 4 m/s in estate quando le termiche sono più intense e lievemente superiori in generale nella postazione del Comune.

Dall'analisi della successiva Tabella risulta che, in termini di frequenza di velocità del vento, i periodi di monitoraggio considerati non sono stati particolarmente diversi, anche se vi è stata una frequenza maggiore di ore con venti con intensità superiore ai 8 m/s nella campagna invernale che potrebbe giustificare una maggiore dispersione di polveri sedimentabili, con una conseguente minore deposizione.

Velocità vento [m/s] - Comune della Spezia									
Campagna	Ore totali	≤0,5	0,5-1	1-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-16
P18 19/1	840	130	137	195	213	144	21	0	0
P18 19/2	862	87	151	296	199	56	32	22	19

Velocità vento [m/s] - Monte Beverone									
Campagna	Ore totali	≤0,5	0,5-1	1-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-16
P18 19/1	840	7	48	202	439	116	26	2	0
P18 19/2	864	2	32	122	384	214	87	15	8

Tabella 8 – Numero di ore con differenti velocità del vento nelle campagne di monitoraggio.

3.4 Precipitazioni

I dati delle precipitazioni giornaliere misurate nelle postazioni di Comune, La Foce – Monte Viseggi e Fornola sono riportati in Appendice 2. Nel seguito è mostrata una tabella riepilogativa delle precipitazioni registrate nel corso delle due campagne di monitoraggio.

Comune della Spezia		
	Campagna P18 19/1	Campagna P18 19/2
N° eventi meteorici	2	7
N° giorni totali	4	24
Precipitazione totale [mm]	48,8	237,0

La Foce- Monte Viseggi		
	Campagna P18 19/1	Campagna P18 19/2
N° eventi meteorici	3	4
N° giorni totali	5	28
Precipitazione totale [mm]	60,6	392,2

Fornola		
	Campagna P18 19/1	Campagna P14 19/4
N° eventi meteorici	3	3
N° giorni totali	4	32
Precipitazione totale [mm]	52,6	335,8

Tabella 9 – Precipitazione cumulata misurata a Comune della Spezia, La Foce- Monte Viseggi e Fornola (mm).

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

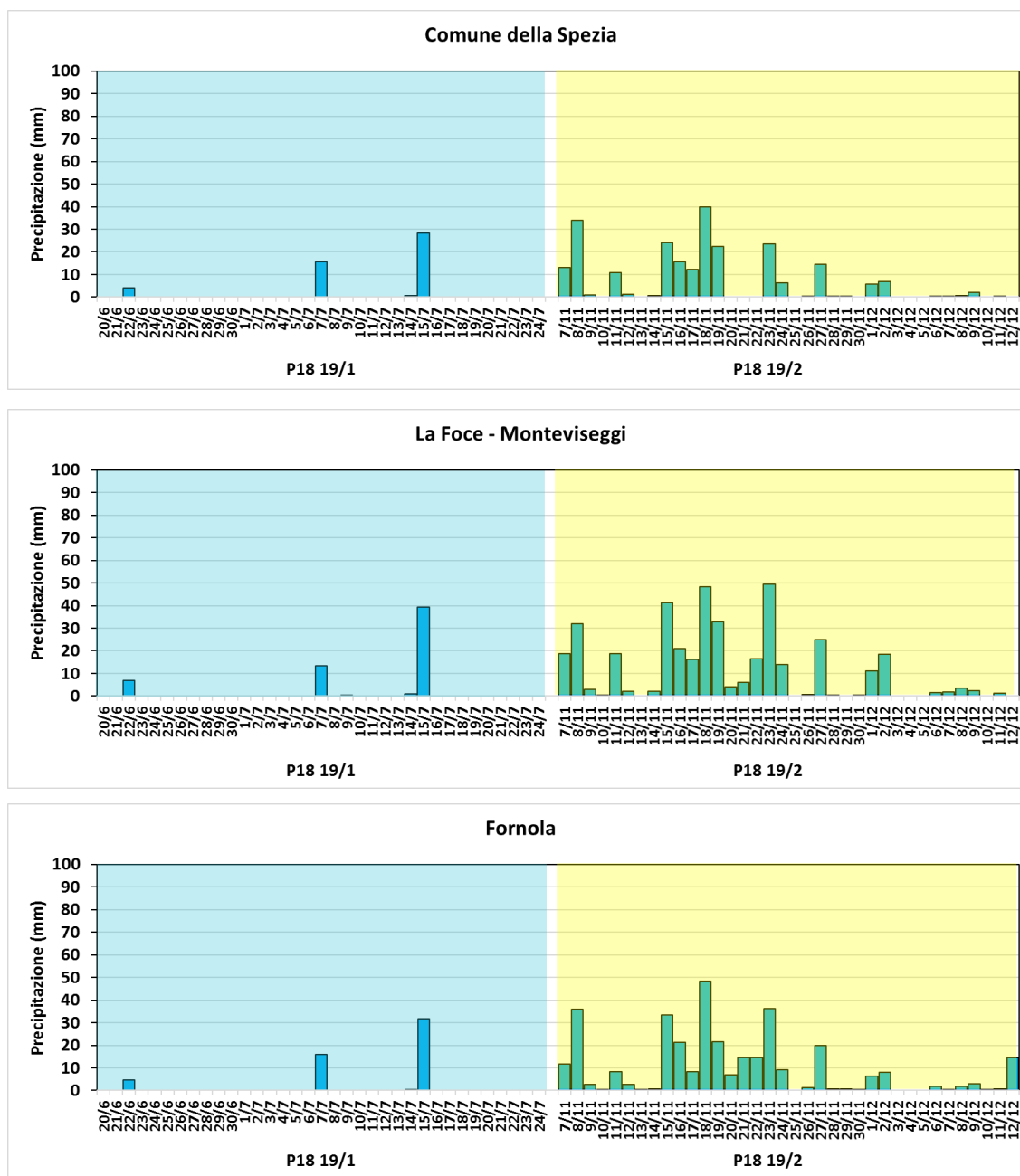


Figura 15 - Precipitazioni durante il periodo delle campagne del 2019.

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

- Campagna **P18 19/1**: si sono avuti pochissimi eventi di pioggia, con valori di cumulata in linea con la stagione estiva e legati ad eventi temporaleschi;
- Campagna **P18 19/2**: in questa campagna la cumulata più rilevante si è registrata nella stazione di La Foce, con alcune differenze rispetto a quella del Comune, nonostante le due stazioni siano situate a poca distanza tra di loro.

3.5 Caratteristiche meteo generali delle campagne integrative effettuate a Bypass.

Nel seguito sono descritte le principali caratteristiche meteorologiche delle nove campagne di monitoraggio integrative che hanno consentito di verificare con continuità nel corso dell'anno 2019 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.

Campagna	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Precipitazione raccolta [mm]	Precipitazione Stazione La Spezia Comune [mm]
BY_A_P18_19	17/12/2018	15/01/2019	29	43	40
BY_B_P18_19	15/01/2019	14/02/2019	30	156	124
BY_C_P18_19	14/02/2019	14/03/2019	28	45	30
BY_D_P18_19	14/03/2019	18/04/2019	35	243	135
BY_E_P18_19	18/04/2019	22/05/2019	34	208	128
BY_F_P18_19	22/05/2019	20/06/2019	29	101	56
BY_G_P18_19	27/07/2019	05/09/2019	43	110	53
BY_H_P18_19	05/09/2019	08/10/2019	33	149	96
BY_I_P18_19	08/10/2019	07/11/2019	30	313	213

Tabella 10 – Precipitazione cumulata misurata a Comune della Spezia e con il deposimetro di Bypass (mm).

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

3.5.1 La situazione meteo nel corso della campagna P18 19/A (17/12/2018 ÷ 15/01/2019)

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

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

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

L'ultima settimana del 2018 è caratterizzata da clima secco con l'alta pressione dominando la scena senza alcuna precipitazione. Anche la prima settimana del 2019, dal punto di vista meteo è allineata con quella precedente in quanto caratterizzata da un clima prevalentemente secco. Si sono susseguite giornate stabili e in prevalenza

soleggiate ma, almeno nella prima parte, assai ventose caratterizzate, tra il 2 ed il 3 gennaio, in costa, da venti settentrionali con raffiche di burrasca/burrasca forte sulla costa (tra 50 e 80 km/h) e massimi oltre 70 km/h da NE a Spezia.

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

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

3.1.1 La situazione meteo nel corso della campagna P18 19/B (15/01/2019 ÷ 14/02/2019)

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

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

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

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

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

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

3.1.2 La situazione meteo nel corso della campagna P18 19/C (14/02/2019 ÷ 14/03/2019)

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

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

Il passaggio tra inverno e primavera meteorologica (tra il 25 febbraio e il 3 marzo) è caratterizzato da giornate soleggiate ed eccezionalmente miti per il periodo. Si evidenzia un'assenza di precipitazioni che caratterizza ormai gran parte del territorio regionale, dopo le significative precipitazioni di inizio febbraio. Su gran parte dell'Europa si registrano condizioni di tempo soleggiato grazie ad una significativa rimonta anticiclonica, con massimi di pressione prossimi ai 1040 hPa, proprio in concomitanza con l'inizio della primavera.

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

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

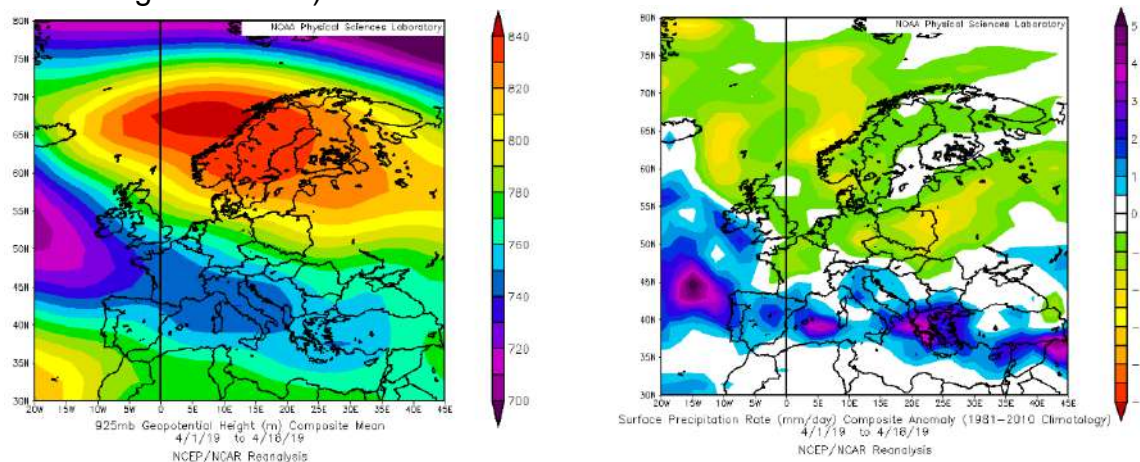
3.1.3 La situazione meteo nel corso della campagna P18 19/D (14/03/2019 ÷ 18/04/2019)

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

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

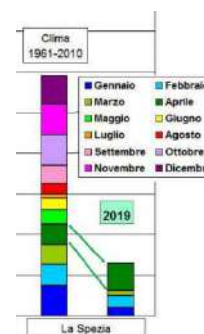
Ad inizio aprile si registra una ripresa delle precipitazioni più in linea con la climatologia primaverile, per effetto di una depressione che tende a interessare l'Europa centro occidentale e l'area mediterranea, dando luogo a diversi passaggi instabili sulla Penisola, con l'anticiclone prevalentemente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

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



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

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

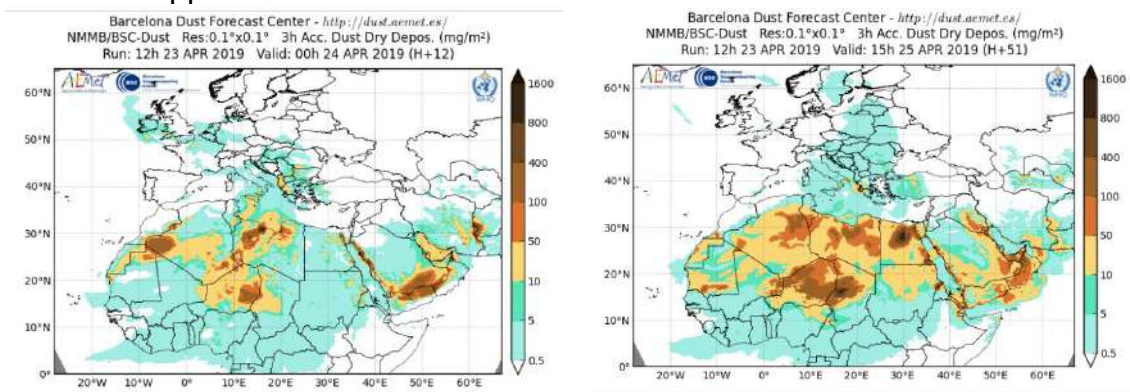


3.1.4 La situazione meteo nel corso della campagna P18 19/E (18/04/2019 ÷ 22/05/2019)

Il periodo di monitoraggio si apre con la presenza di una depressione che, centrata sull'Europa centro-occidentale, interessa anche il Mediterraneo e la Penisola italiana e

favorisce l'innescarsi di un flusso meridionale: da questa configurazione si ha tempo instabile con precipitazioni caratterizzate da quantitativi anche elevati.

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



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

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

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

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

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

**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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

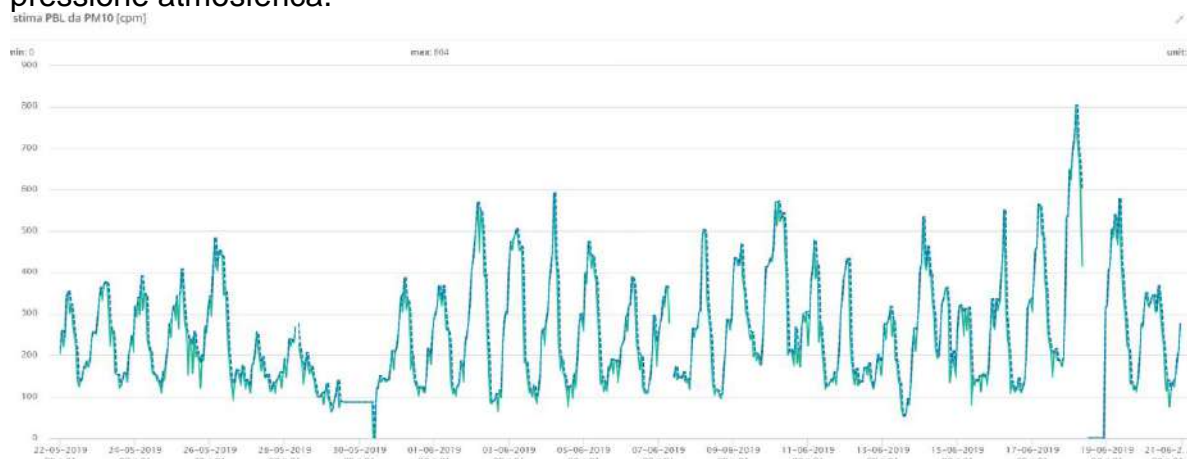
Sullo spezzino costiero ha piovuto il 18, 19 e 20 maggio anche se con quantitativi decisamente scarsi.

3.1.5 La situazione meteo nel corso della campagna P18 19/F (22/05/2019 ÷ 20/06/2019)

Dopo una breve pausa del maltempo che aveva segnato l'ultima parte della campagna precedente, si segnalano, tra il 28 e 29 maggio, forti temporali specie sul levante ligure (con allagamenti a Lerici dove si sono rilevate cumulate superiori a 50 mm in 24 ore). In concomitanza con l'inizio dell'estate meteorologica, si assiste all'espansione dell'Anticiclone che spinge gradualmente la circolazione depressionaria che ha interessato nei giorni precedenti la Liguria, verso l'Adriatico e i Balcani, riportando condizioni di stabilità su tutta la regione.

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

Condizioni di bel tempo, venti deboli in regime di brezza e precipitazioni praticamente assenti, caratterizzano il restante periodo di monitoraggio con la stabilità atmosferica che raggiunge il suo massimo intorno alla fine della seconda decade. Nel grafico che segue sono rappresentati i valori disponibili dell'attività BETA associabile ai prodotti di decadimento del Radon rilevati con il campionatore SWAM: sono evidenti i cicli giornalieri (valori relativamente più elevati di notte rispetto al giorno) sopra i quali si innestano le situazioni meteorologiche locali, che hanno portato alla quasi totale scomparsa del ciclo giorno/notte, nelle fasi di tempo relativamente perturbato registrate (si veda ad esempio l'episodio intorno al 28 e 29 maggio): è evidente comunque come le fasi di instabilità siano risultate praticamente assenti con i valori di massimo intrappolamento (dunque di PBL più basso, registrato in corrispondenza delle notti di tempo bello e stabile che hanno caratterizzato pressoché la parte di monitoraggio (sviluppatasi nel corso del mese di giugno) in coincidenza dei valori più elevati di pressione atmosferica.



**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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

3.1.6 La situazione meteo nel corso della campagna P18 19/G (27/07/2019 ÷ 05/09/2019)

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

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

3.1.7 La situazione meteo nel corso della campagna P18 19/H (05/09/2019 ÷ 08/10/2019)

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

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

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

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

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

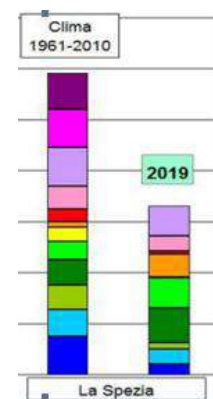
Qualche debole infiltrazione instabile si ripropone verso il 30/09 associata a venti d'intensità forte; segue un peggioramento più marcato verso il 2 ottobre, quando una circolazione atlantica si sposta dalla Gran Bretagna verso il Mediterraneo centrale, interessando l'intera Penisola con spiccato maltempo: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

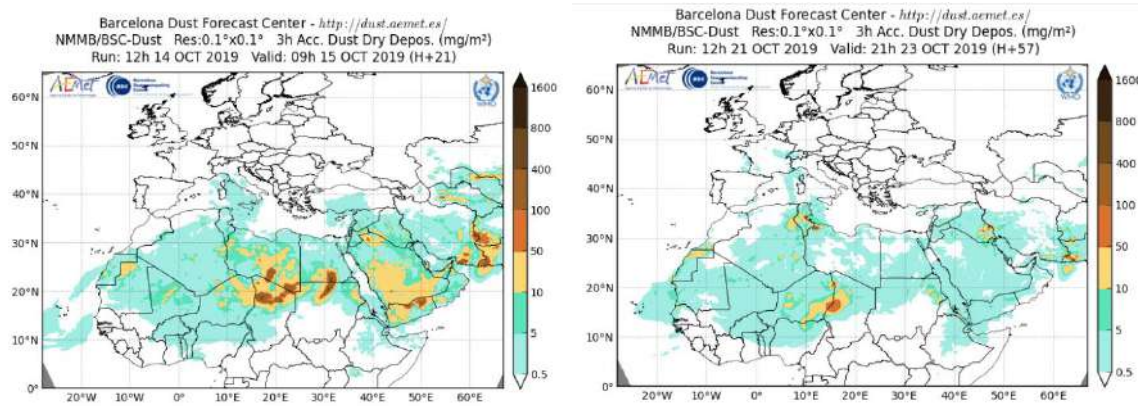
Il periodo si chiude all'insegna di condizioni di variabilità alternata a schiarite, con cumulate scarse, ma con il vento che diventa il vero protagonista, con raffiche d'intensità forte dai quadranti nord-orientali (oltre i 50 km/h alla Spezia) o di burrasca (oltre i 70 km/h a Porto Venere).

3.1.8 La situazione meteo nel corso della campagna P18 19/I (08/10/2019 ÷ 07/11/2019)

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

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





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

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

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 4.1 -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 19/1** che per la **P18 19/2**.

4.1 Scarico navi

Durante lo svolgimento della campagna estiva **P18 19/1** (20/06/19 - 24/07/19) non è stato scaricato carbone mentre durante lo svolgimento di quella invernale **P18 19/2** (07/11/19 ÷ 12/12/19) è stato scaricato per solo due giorni come riportato nella tabella sottostante:

Nave	Data	Carbone scaricato (t/giorno)
Alpha Hero	11/12/2019	600
Alpha Hero	12/12/2019	2000

Tabella 11 - Calendario di operatività delle navi carboniere durante la campagna P18 19/2.

Nella tabella successiva è riportato il calendario di operatività delle navi carboniere del periodo 01/01/19 ÷ 31/12/19, con l'indicazione della quantità di carbone complessivamente scaricato:

Nave	Data inizio scarico	Data fine scarico	Carbone scaricato (t)
Federico II	15/01/2019	20/01/2019	28608
Erato	25/01/2019	02/02/2019	62022
Sider Faioch	04/02/2019	08/02/2019	23570
Sbi Bolero	08/02/2019	11/02/2019	22828
Key Knight	25/02/2019	04/03/2019	68282
Alpha Hero	11/12/2019	31/12/2019	50800

Tabella 12 - Calendario di operatività delle navi carboniere nell'anno 2019.

Durante tutto l'anno è stato scaricato carbone per un totale di 256111 t: l'attività di scarico si è sviluppata in 50 giorni su 365 giorni (circa 14% dell'anno), con una media giornaliera pari a 702 t/g. Considerando solo i 50 giorni di effettivo scarico, si ha una media di 5122 t per ogni giorno di scarico.

Si ricorda che durante la campagna estiva **P18 19/1** non è stato scaricato carbone mentre durante quella invernale **P18 19/2** sono state scaricate circa 2600 t di carbone in 2 giorni sui 36 giorni di durata della campagna, con una media giornaliera di campagna pari a 72 t/g. Considerando solo i 2 giorni di scarico, la media giornaliera risulta pari a circa 1300 t per ogni giorno di scarico.

Dall'analisi dei dati si deduce che in entrambe le campagne, la quantità media di carbone scaricato dalle navi nei giorni di scarico (rispettivamente 0 t/g e 1300 t/g) risulta non essere in linea con la quantità media giornaliera su base annuale (5122 t per ogni giorno di scarico). Lo scarico del carbone non è avvenuto durante la campagna estiva mentre è avvenuto per il 6% del tempo nella campagna invernale.

Pertanto, i periodi di monitoraggio sono abbastanza rappresentativi della ridotta attività di scarico del carbone avvenuta negli ultimi anni.

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 anche nel 2019 si è avuta soltanto verso e dal carbonile di Val Bosca.

Durante la campagna **P18 19/1** la giacenza del carbonile di **Val Bosca**, è variata di poco attestandosi poi intorno a circa il 55% della capienza:

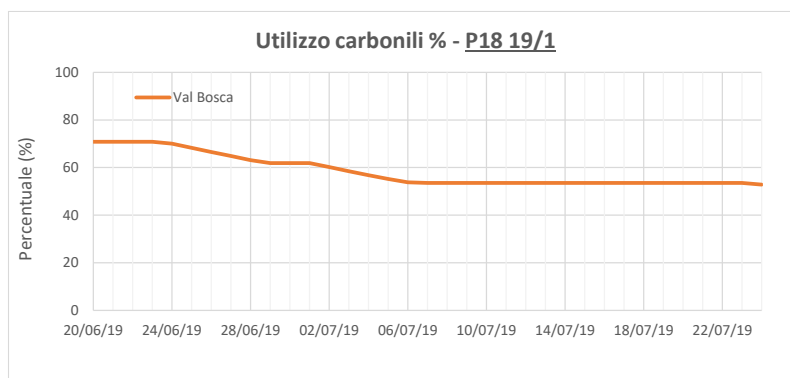


Figura 16 – Percentuale di utilizzo del carbonile durante la P18 19/1.

**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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Durante la campagna **P18 19/2** la giacenza del carbonile è oscillata partendo dal 40% attestandosi fino a circa il 14% della capienza:

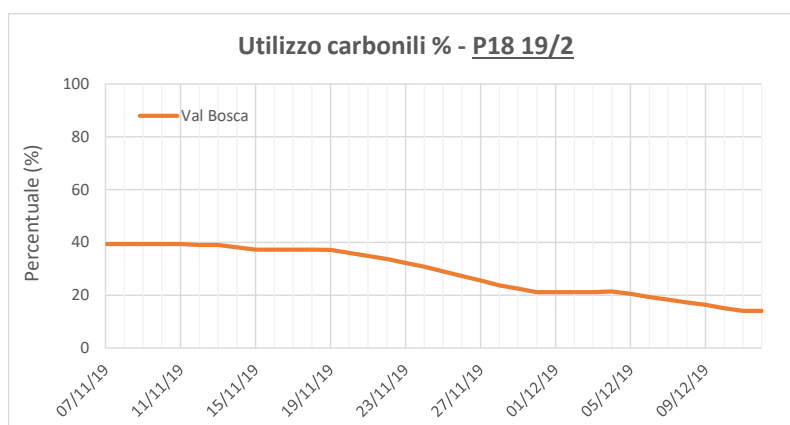


Figura 17 – Percentuale di utilizzo del carbonile durante la P18 19/2.

Nella figura seguente è riportato l'andamento delle giacenze di combustibile del carbonile di **Val Bosca** durante l'anno 2019:

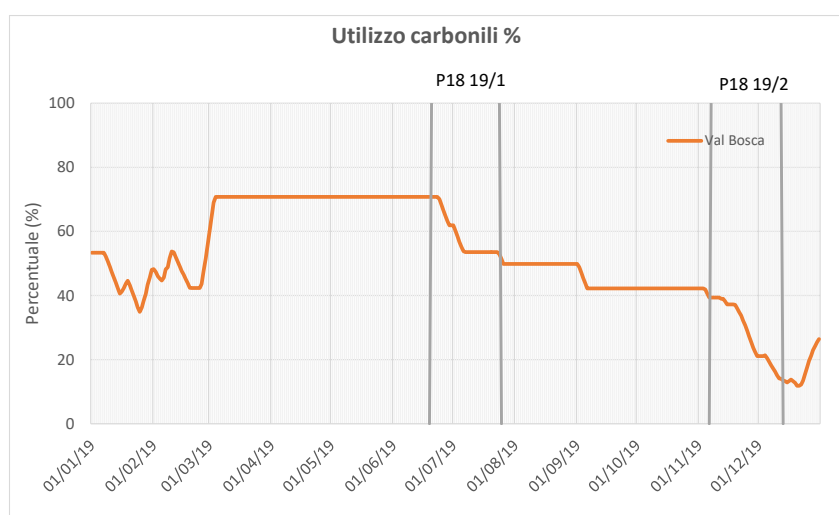


Figura 18 – Giacenze combustibile carbonile anno 2019.

Dalla figura si evince che i periodi delle due campagne siano stati caratterizzati da un valore di giacenza di combustibile nel carbonile in diminuzione nel corso dell'anno.

4.3 *Movimentazione carbone*

Per quanto riguarda la campagna estiva **P18 19/1**, nella figura che segue è rappresentata la sola movimentazione del carbone dal carbonile di **Val Bosca** alla Centrale, in quanto non c'è stato scarico in Banchina ENEL, e la precipitazione giornaliera rilevata presso la postazione ARPAL del Comune della Spezia:

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

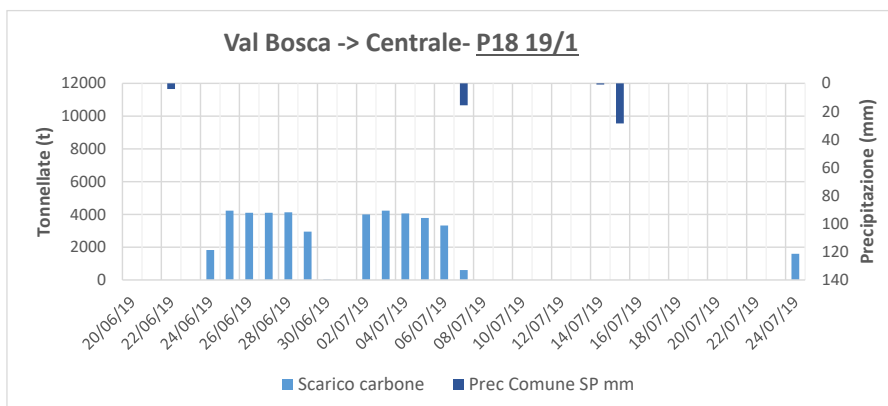


Figura 19 – Quantitativo giornaliero movimentato da Val Bosca a CTE durante la P18 19/1.

Per quanto riguarda la campagna invernale **P18 19/2**, nella figura di seguito riportata è rappresentato il quantitativo giornaliero totale di carbone scaricato (solo due giorni):

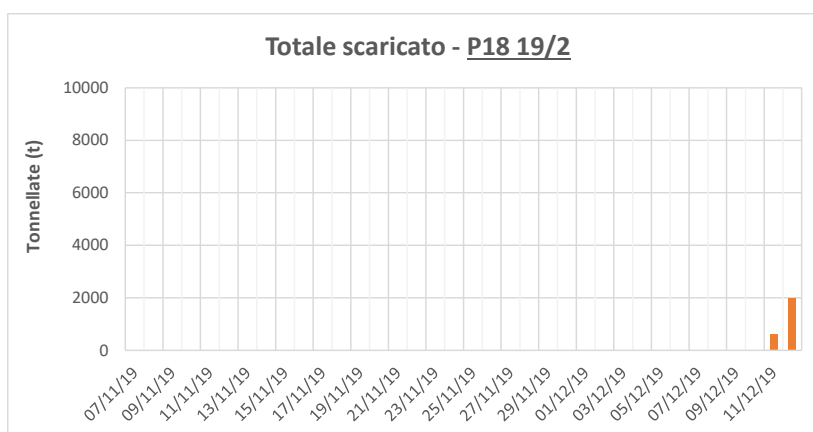


Figura 20 – Quantitativo giornaliero scaricato durante la P18 19/2.

Nella figura che segue è rappresentata la sola movimentazione del carbone dal carbonile di **Val Bosca** alla Centrale e la precipitazione giornaliera come sopra:

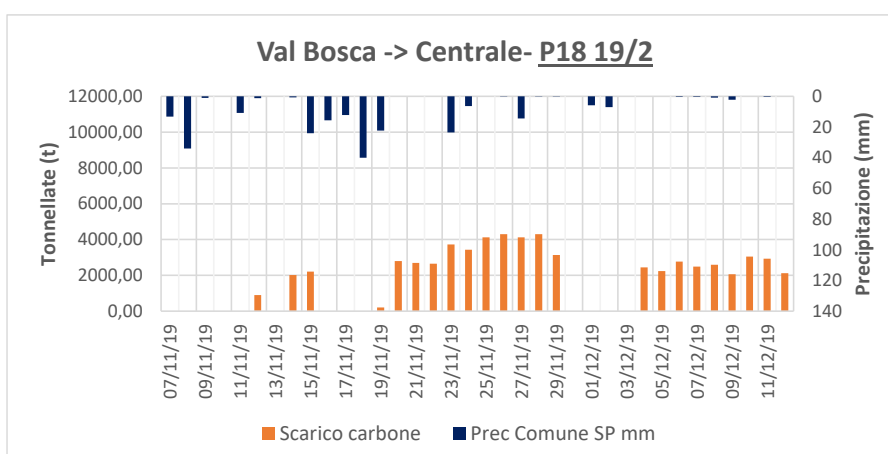


Figura 21 – Quantitativo giornaliero movimentato da Val Bosca a CTE durante la P18 19/2.

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 19/1** e **P18 19/2** 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 [Nm³/h], NO_x [mg/Nm³], SO₂ [mg/Nm³], CO [mg/Nm³] e polveri [mg/Nm³].

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

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

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

Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P18 19/1** (20/06-24/07) si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 417 MW ed ha avuto tre transitori di avviamento: il 24/06, il 02/07 e il 24/07, due di arresto: il 30/06 e il 07/07; in Tabella 13 sono riportati i periodi di arresto:

Transitori	
dalle	alle
20/06/2019 – 00:00	24/06/2019 – 11:00
30/06/2019 – 01:00	02/07/2019 – 06:00
07/07/2019 – 09:00	24/07/2019 – 09:00

Tabella 13 - Transitori campagna P18 19/1.

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 19/1**, escludendo i valori registrati durante il periodo di fermata, sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro NO_x è 131 mg/Nm³, del parametro SO₂ è 129 mg/Nm³, del parametro polveri è 1 mg/Nm³ e del parametro CO è 46 mg/Nm³.

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

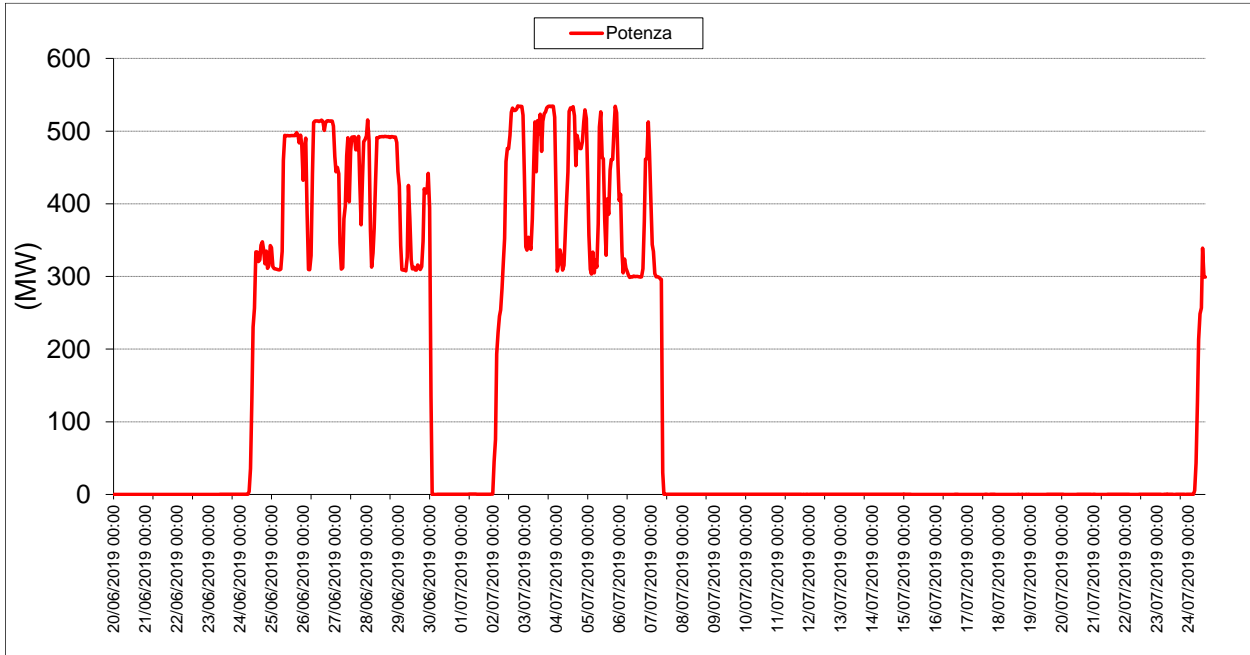


Figura 22 - Potenza generata dalla CTE durante la campagna P18 19/1.

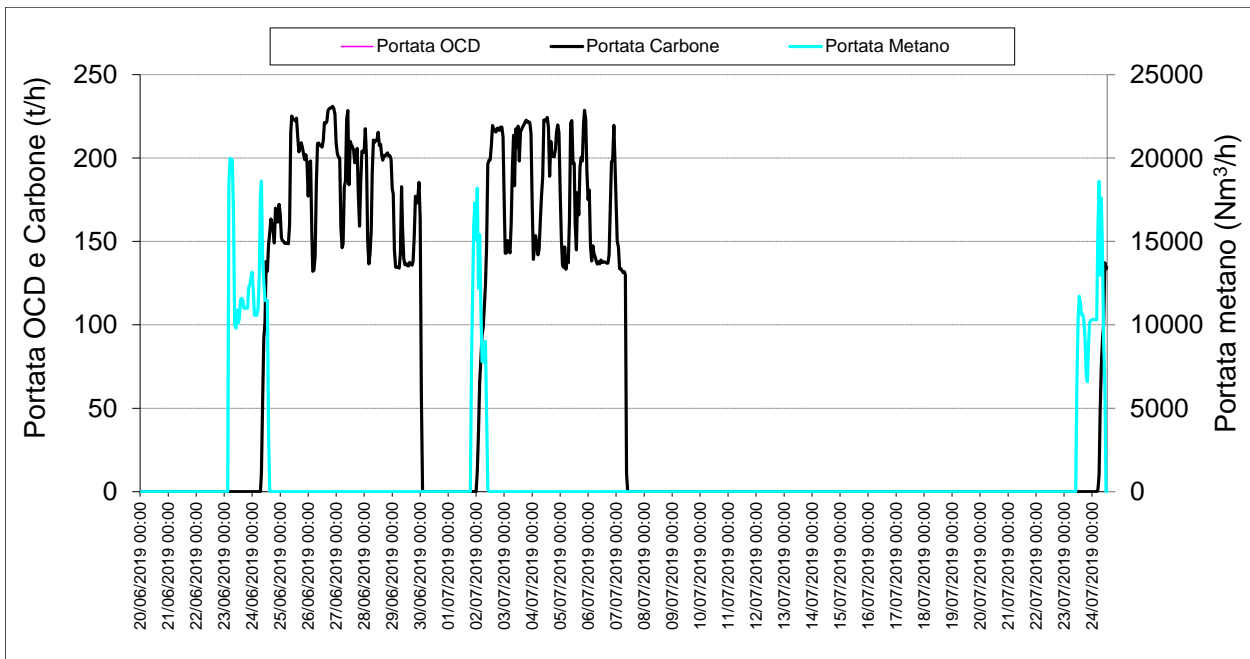


Figura 23 - Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P18 19/1.

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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

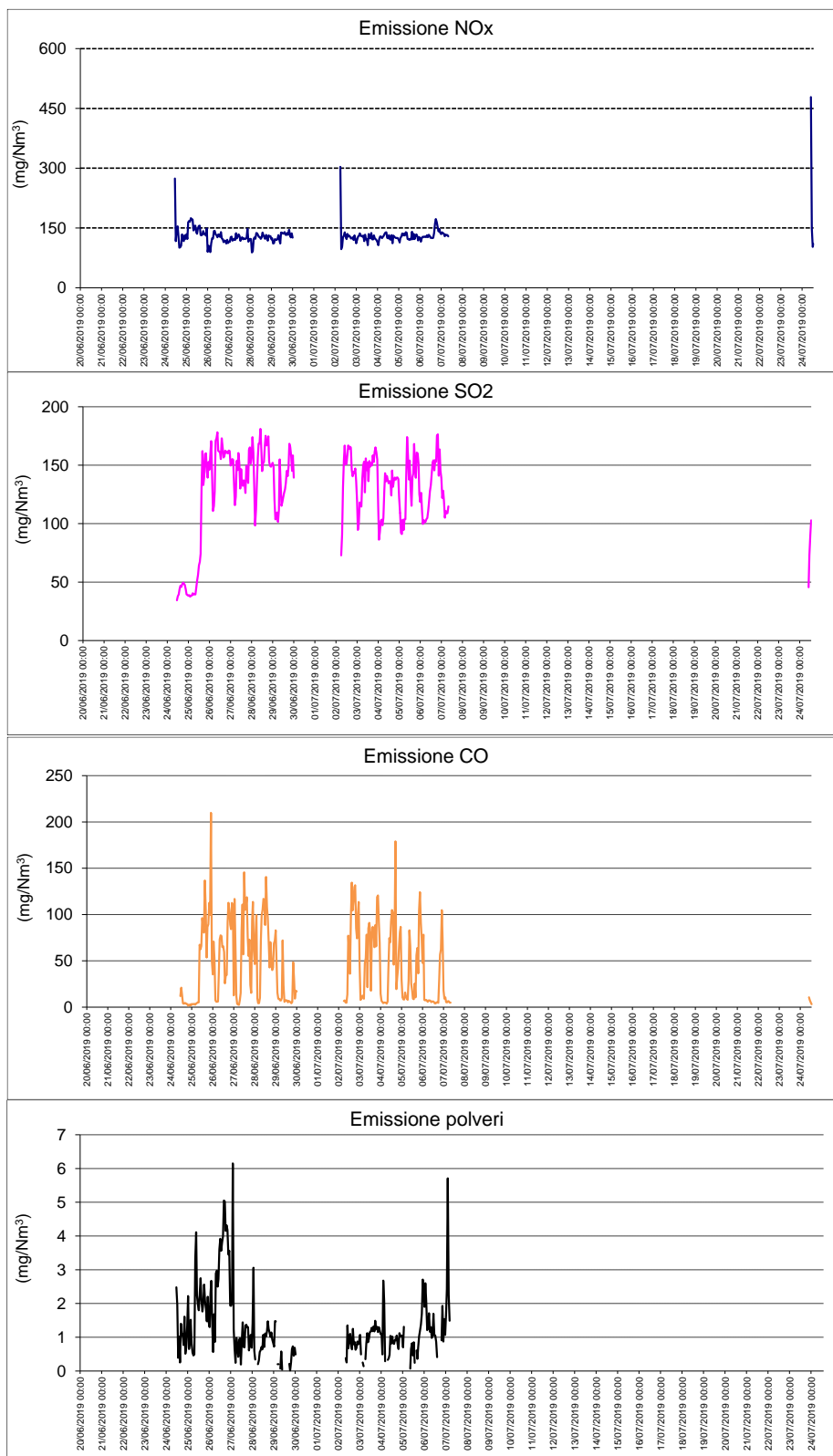


Figura 24 - Emissione di inquinanti dalla CTE nella campagna P18 19/1.

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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P18 19/2** (07/11-12/12), si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 417 MW e ha avuto dall'inizio della campagna un transitorio di avviamento il giorno 12/11, uno di arresto il giorno 13/11 e uno di avviamento il 14/11, uno di arresto il 15/11 e di avviamento il 20/11 e uno di arresto il 29/11 e di avviamento il 4/12; in Tabella 14 sono riportati i periodi di arresto:

Transitori	
dalle	alle
07/11/2019 – 00:00	12/11/2019 – 17:00
13/11/2019 – 00:00	14/11/2019 – 14:00
15/11/2019 – 20:00	20/11/2019 – 02:00
29/11/2019 – 21:00	04/12/2019 – 05:00

Tabella 14– Periodi transitori nella campagna P18 19/2.

L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P18 19/2** sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro NO_x è 154 mg/Nm³, del parametro SO₂ è 159 mg/Nm³, del parametro polveri è 3 mg/Nm³ e del parametro CO è 38 mg/Nm³.

Si riportano di seguito gli andamenti dei parametri caratteristici monitorati:

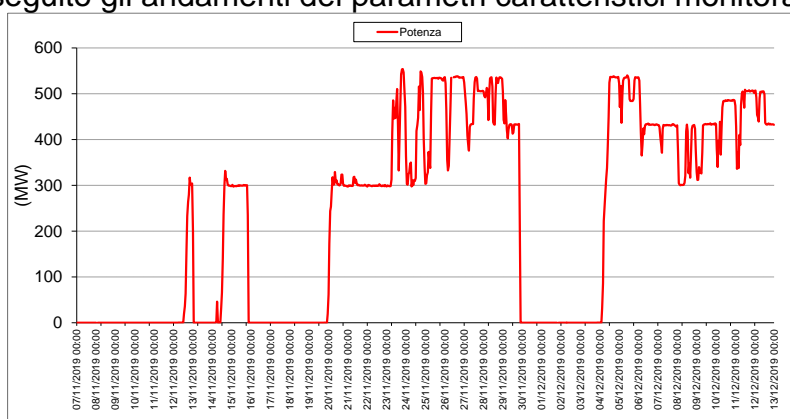


Figura 25- Potenza generata dalla CTE durante la campagna P18 19/2.

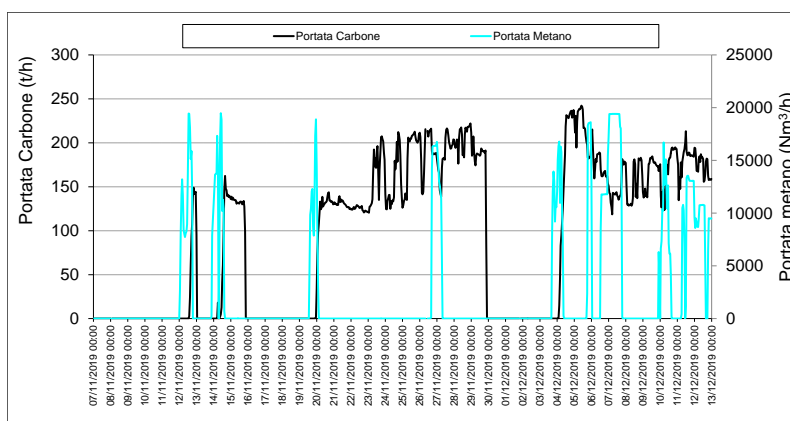


Figura 26- Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P18 19/2.

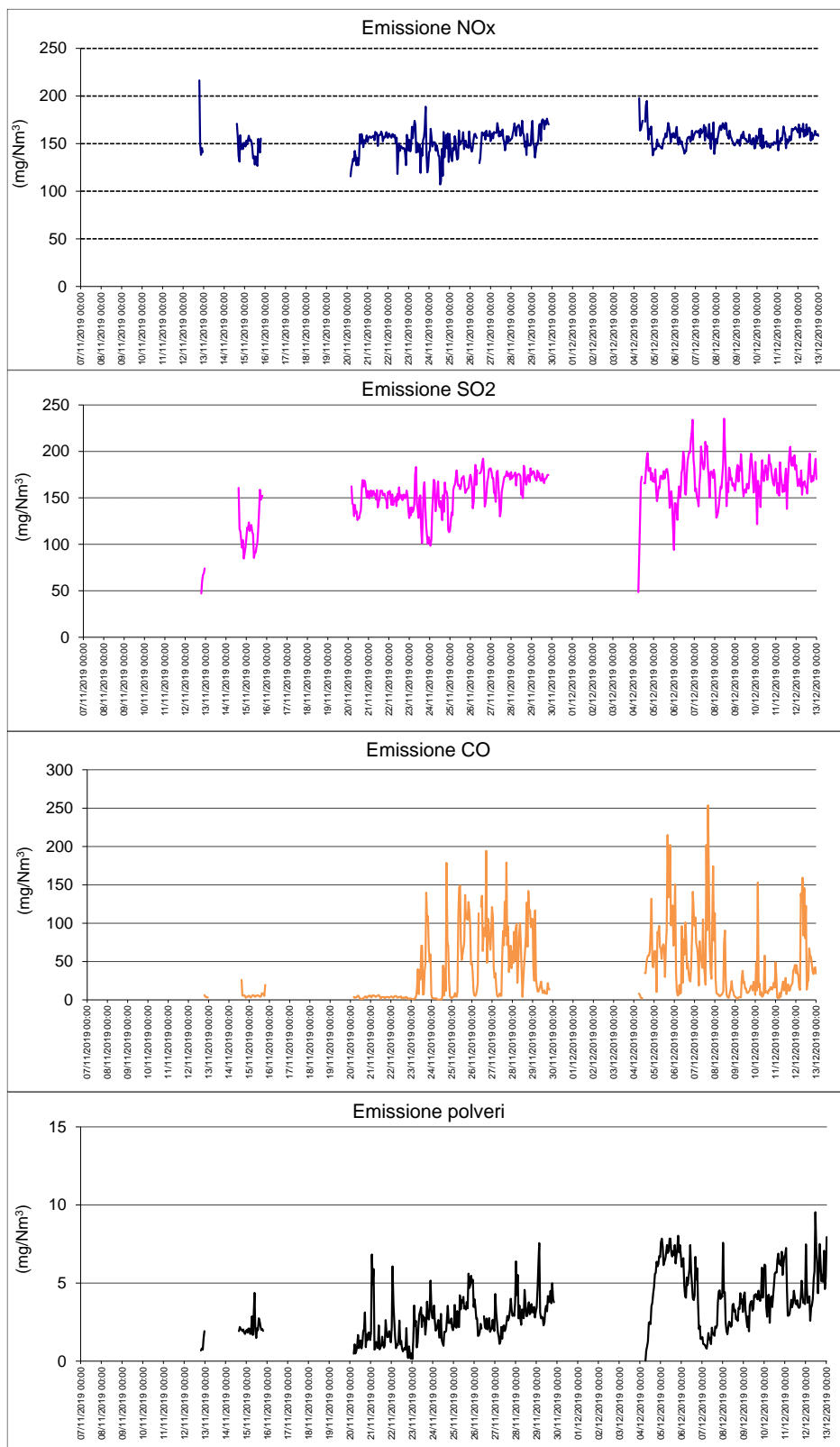


Figura 27- Emissione di inquinanti dalla CTE nella campagna P18 19/2.

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

Tenendo in considerazione i periodi di fermo impianto verificatosi, si è ritenuto opportuno procedere a richiedere alla ENEL Produzione S.p.A. il valore delle massiche dei macroinquinanti emessi durante le campagne di monitoraggio: è infatti possibile che, se il gruppo SP3 non avesse subito un fermo impianto, avrebbe emesso un differente quantitativo di massiche di polvere.

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

Tabella 15 - Valori massici durante la campagna P18 19/1.

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

Tabella 16 - Valori massici durante la campagna P18 19/2.

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 43% per la campagna **P18 19/1** e del 32% per la **P18 19/2** 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 2019). Come evidenziato nella tabella che segue, l'impianto nel corso dell'anno 2019 ha subito diversi periodi di fermata quantificabili in circa il 75% del periodo di riferimento e 25% di esercizio (274 giorni di non funzionamento e 91 giorni di funzionamento); tali periodi di fermata, come dichiarato da ENEL, nella maggior parte dei casi non sono direttamente connessi alla volontà di ENEL Produzione, ma regolamentati dal gestore del sistema elettrico nazionale.

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

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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

14/11/2019 15:00	15/11/2019 19:00
20/11/2019 04:00	29/11/2019 20:00
04/12/2019 07:00	21/12/2019 00:00
08/01/2019 07:00	20/02/2019 03:00
24/06/2019 12:00	30/06/2019 00:00
31/12/2018 23:00	31/12/2018 23:00

Tabella 17 – Periodo di esercizio del gruppo SP3 nell'anno 2019.

Pertanto ne deriva che il gruppo SP3 durante la campagna **P18 19/1** ha registrato un periodo di esercizio (con potenza maggiore di 280 MW) superiore del 10% rispetto a quella di tutto l'anno 2019 mentre durante la campagna **P18 19/2** superiore di circa il 32%.

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

Dall'elaborazione di tale parametro per ogni campagna di campionamento (Tabella 15÷ Tabella 16), le massiche di polvere, rispetto a quelle mediamente emesse dal gruppo SP3 durante l'anno 2019, sono risultate:

- inferiori del 64% nella **P18 19/1**;
- superiori del 92% nella **P18 19/2**.

5 RISULTATI DELLE CARATTERIZZAZIONI DELLE POLVERI

Le campagne del 2019, entrambe con la centrale operativa e con scarico da parte di navi carboniere in Banchina solo nella campagna invernale, sono state suddivise in due periodi di monitoraggio, di circa un mese ciascuno:

- Campagna estiva, indicata nel seguito come **P18 19/1**: dal 20/06 al 24/07,
- Campagna invernale, indicata nel seguito come **P18 19/2**: dal 07/11 al 12/12.

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]
Campagna estiva P18 19/1 (Centrale in esercizio – no scarico del carbone)						
Banchina ENEL	BE	20/06/2019	24/07/2019	34	66	52
Bypass	BY	20/06/2019	24/07/2019	34	189	54
Torre T4	T4	20/06/2019	24/07/2019	34	34	46
Torre T7	T7	20/06/2019	24/07/2019	34	48	50
Ravano	RA	20/06/2019	24/07/2019	34	197	47
Campagna invernale P18 19/2 (Centrale in esercizio – scarico del carbone)						
Banchina ENEL	BE	07/11/2019	12/12/2019	35	28	376
Bypass	BY	07/11/2019	12/12/2019	35	85	393
Torre T4	T4	07/11/2019	12/12/2019	35	33	370
Torre T7	T7	07/11/2019	12/12/2019	35	32	378
Ravano	RA	07/11/2019	12/12/2019	35	82	367

Tabella 18 – Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili e entità precipitazioni.

Nella campagna estiva (**P18 19/1**) si sono avute scarse precipitazioni, mentre in quella invernale (**P18 19/2**) 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:

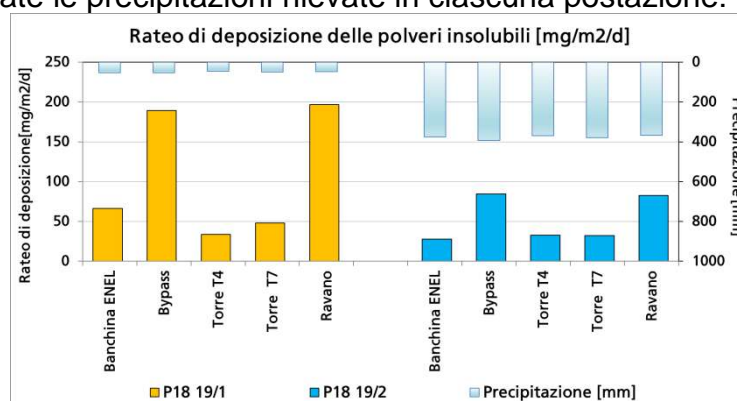


Figura 28 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili.

In tutte le postazioni, ad eccezione di T4, le deposizioni di polveri sono state superiori durante la campagna estiva **P18 19/1** rispetto a quella invernale **P18 19/2**, con molta evidenza nelle postazioni di Bypass e Ravano, meno nelle altre. Le massime deposizioni relative di polveri si sono avute a Ravano e 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 le postazioni di Ravano e Bypass nella sola campagna estiva, tutte le altre non eccedono i 100 mg/m²/d.

5.1.1 Valutazione della entità della polverosità

I valori delle deposizioni di polveri riscontrati nell'area in esame nelle due campagne del 2019 sono rimasti compresi in un intervallo da 28 a 197 mg/m²/d. Sebbene i ratei misurati nel 2019 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/m²/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 ² /d]	Riferimento
Germania (media annua)	350	TA Luft, 2002
Austria (media annua)	210	Gesamte Rechtsvorschrift für Immissionsschutzgesetz-Luft, Fassung vom, 2013
Svizzera (media annua)	200	Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIAt 1986), media aritmetica annuale
Slovenia (media annua)	200	Decree on limit values, alert thresholds and critical imission values for substances into the atmosphere). (Ur. L. RS št.73/1994)
Norvegia	167	Espresso come 5 g/m ² /30 giorni. Norway, 2004. Forskrift om begrensnng av forurensning, FOR 2004-06-01 nr 931. (Regu-lation 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 19 - Valori di riferimento europei per la deposizione annuali di polveri ⁶.

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:

⁶ Si veda anche G. Settimo "Evoluzione storica e normativa delle deposizioni atmosferiche e stato dell'arte nazionale", Seminario Deposizioni atmosferiche, Brescia, 2014. Consultabile al sito:
http://ita.arpalombardia.it/ITA/area_download/index

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

Tabella 20 - Classi di Polverosità in funzione del tasso di deposizione ⁶.

Secondo gli indici di polverosità della Tabella 20, 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/m²/d:

Postazione	Campagna	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Mn	Tl	V
Banchina ENEL	P18 19/1	0,62	0,09	16	0,002	6,9	9,1	27,5	39	0,025	6,8
Bypass	P18 19/1	1,23	0,18	73	0,002	29,6	28,7	103,1	151	0,060	21,1
Torre T4	P18 19/1	0,24	0,02	8	0,002	2,3	4,9	24,2	22	0,004	3,4
Torre T7	P18 19/1	0,85	0,05	8	0,002	4,0	5,3	11,8	28	0,022	5,8
Ravano	P18 19/1	1,05	0,19	54	0,002	27,5	17,7	48,2	145	0,045	19,4
Banchina ENEL	P18 19/2	0,44	0,04	11	0,013	3,8	27,5	7,2	13	0,022	3,8
Bypass	P18 19/2	0,63	0,11	25	0,013	9,6	9,8	22,4	44	0,023	9,0
Torre T4	P18 19/2	0,38	0,02	8	0,004	2,8	5,3	14,1	12	0,010	3,2
Torre T7	P18 19/2	0,36	0,002	7	0,001	2,7	5,9	7,2	11	0,018	3,7
Ravano	P18 19/2	0,52	0,04	30	0,009	13,2	8,1	23,4	57	0,025	11,2

Tabella 21 - Ratei di deposizione di metalli nelle campagne. Valori in µg/m²/d.

Come visto in precedenza, in tutte le postazioni si sono avute maggiori deposizioni di polveri nella campagna estiva **P18 19/1** rispetto a quella invernale **P18 19/2** e si riscontra un andamento abbastanza simile anche per i metalli maggioritari, eccetto che per il Piombo a Banchina ENEL e a T7. Nella postazione di T4 invece, le deposizioni della maggior parte dei metalli sono risultate abbastanza simili tra le due campagne, come risulta anche dall'esame delle figure seguenti, che riportano i ratei delle deposizioni in ciascuna postazione:

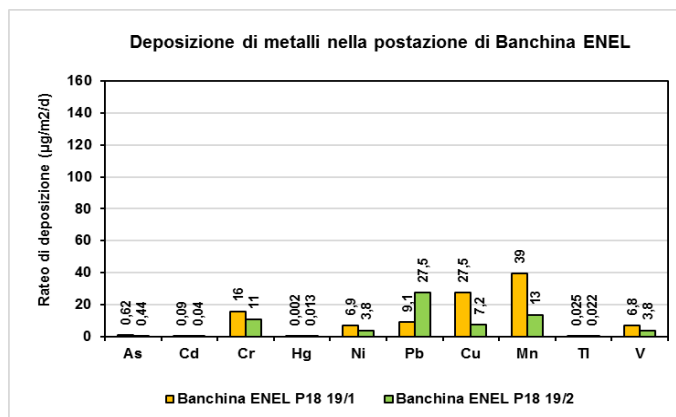


Figura 29 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Banchina Enel.

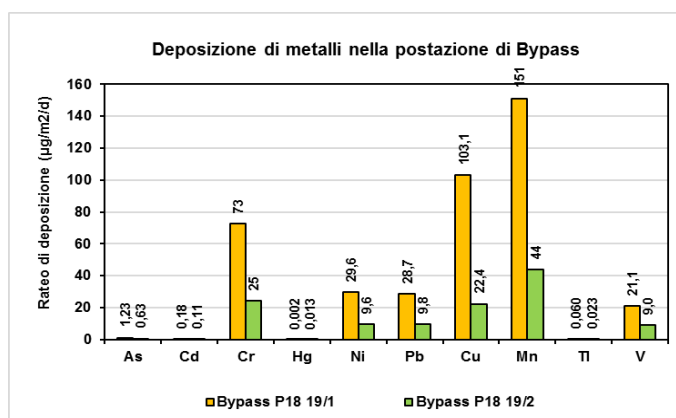


Figura 30- Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Bypass.

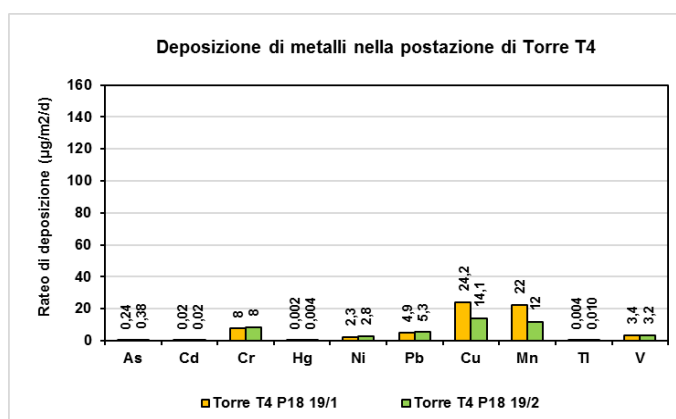


Figura 31 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Torre T4.

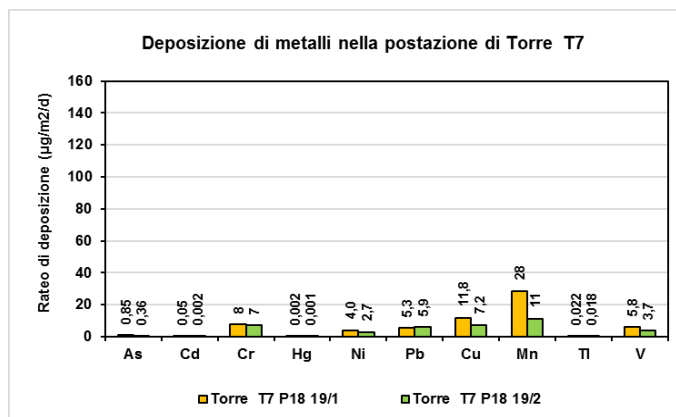


Figura 32 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Torre T7.

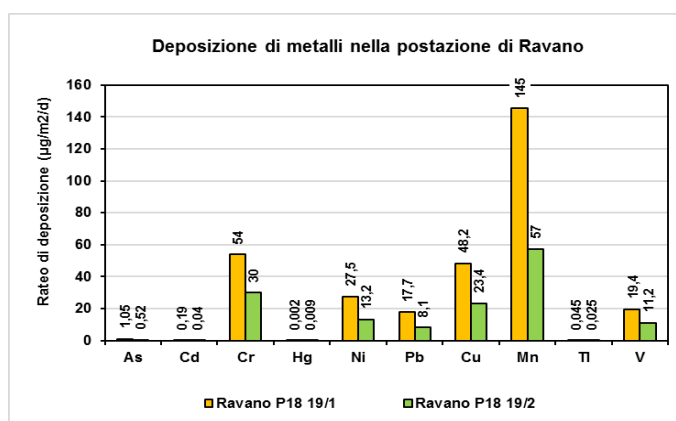
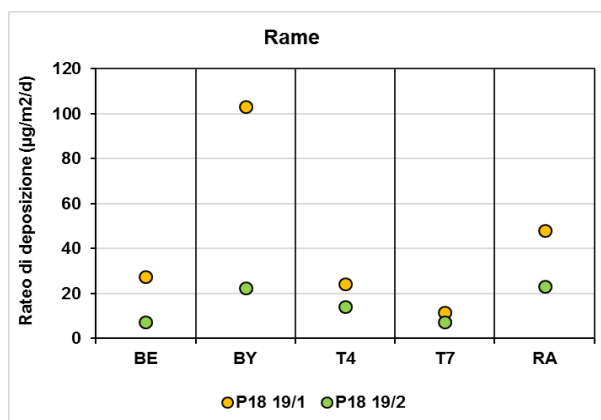
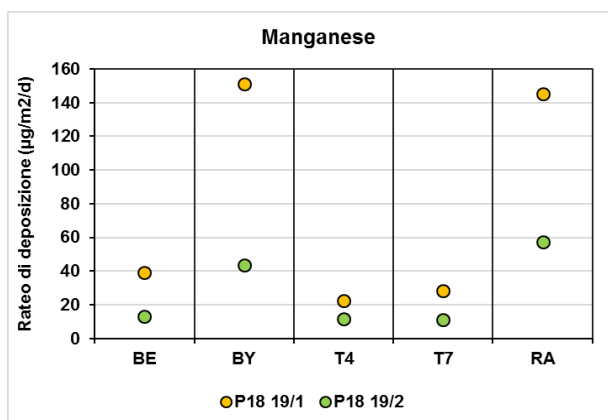


Figura 33- Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Ravano.

Nelle figure che seguono, i ratei di deposizione dei metalli **maggioritari** (Mn, Cu, Cr, Pb, Ni e V) nelle due campagne del 2019 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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

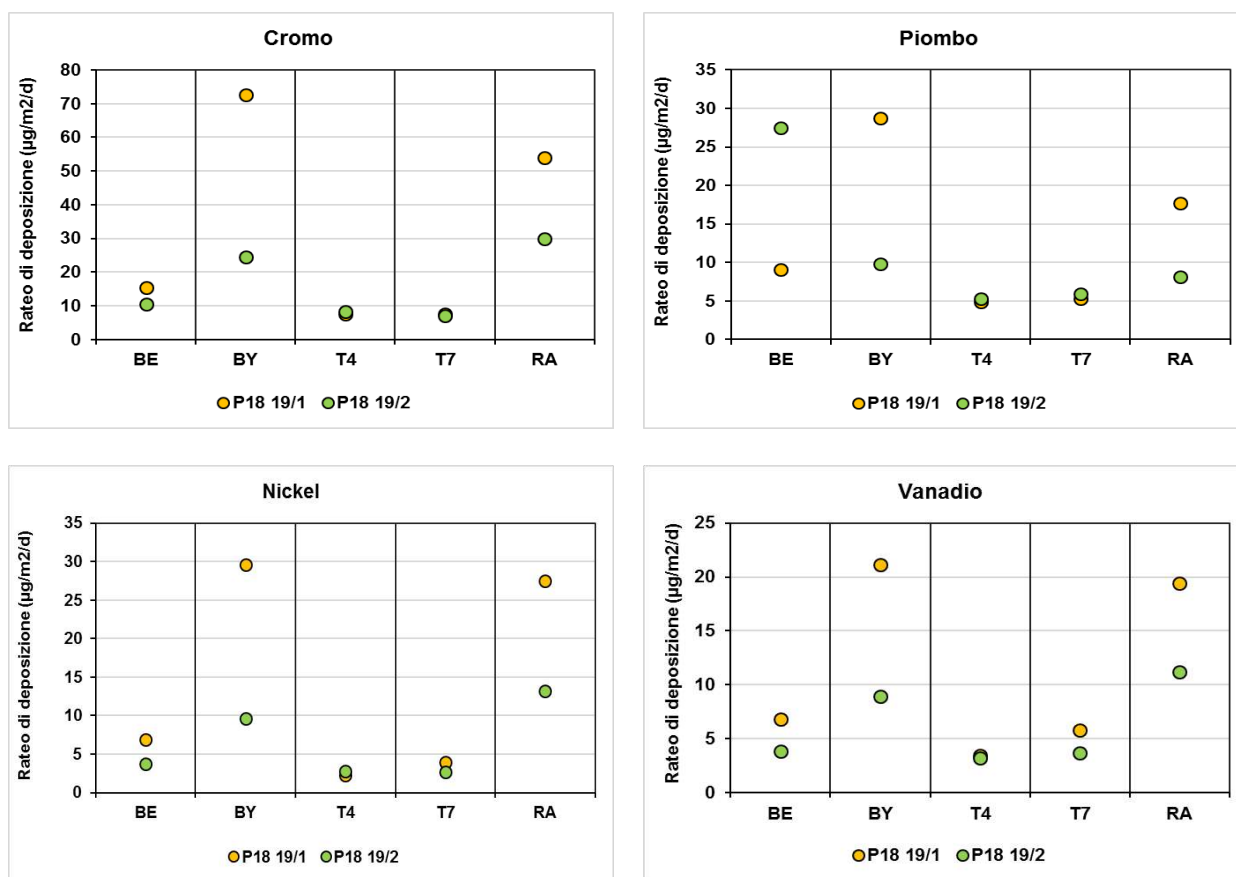


Figura 34 - Ratei di deposizione dei metalli maggioritari nelle postazioni ordinati lungo l'asse di movimentazione del carbone. Per le abbreviazioni delle postazioni si veda Tabella 18.

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 negli anni precedenti. La postazione di Banchina Enel (BE nelle figure) ha avuto quasi sempre deposizioni di metalli intermedie tra quelle di Bypass e Torre T4. Le deposizioni della postazione di Ravano sono risultate paragonabili a quelle di Bypass; queste due postazioni hanno evidenziato, come per le polveri, i ratei dei metalli più elevati. 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. 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 i metalli vanadio e nickel, presenti nelle emissioni navali, a sottolineare anche per questi monitoraggi, l'influenza del porto commerciale.

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

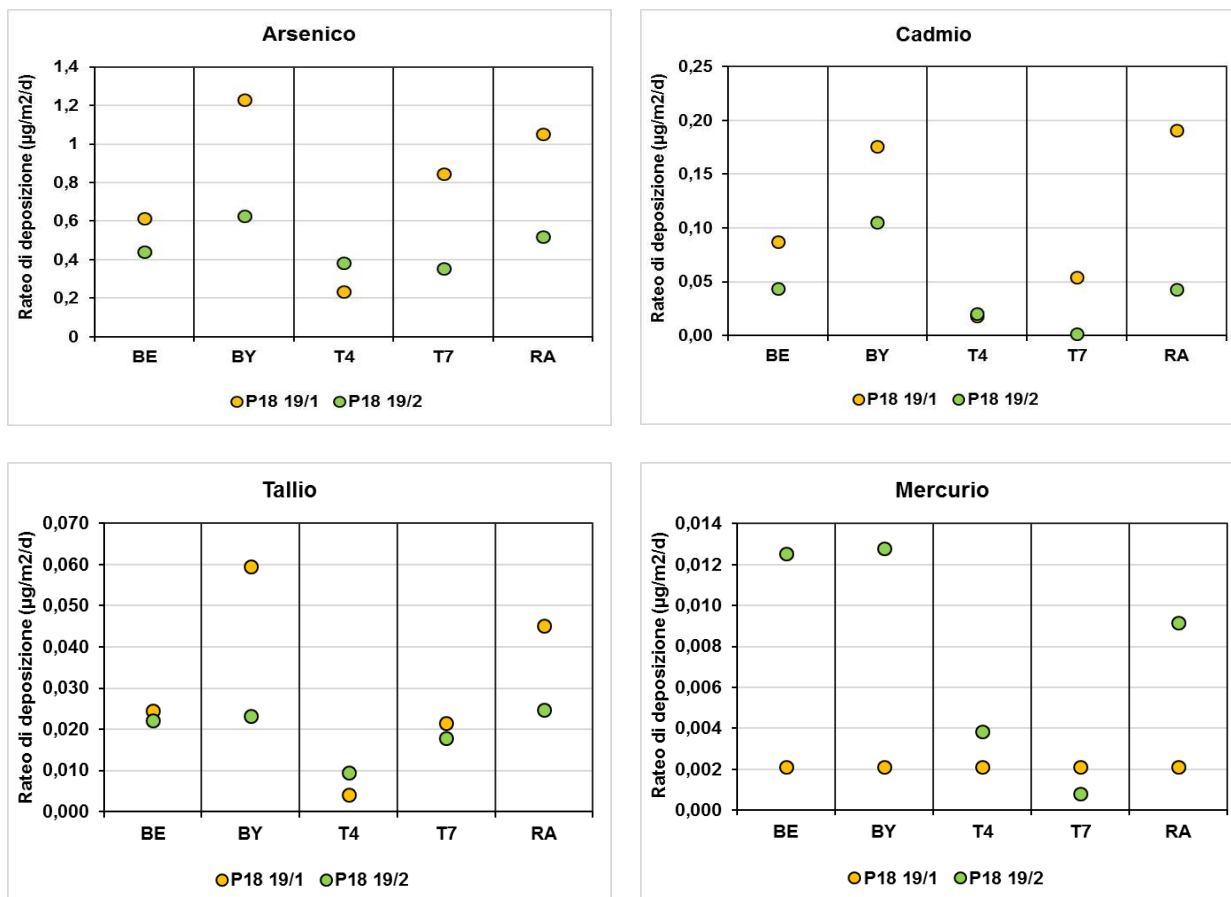


Figura 35- Ratei di deposizione dei metalli minoritari nelle postazioni ordinati lungo l'asse di movimentazione del carbone, escluso Ravano (RA). Per le abbreviazioni delle postazioni si veda Tabella 18.

Data l'esiguità della entità delle deposizioni di As, Tl e Hg, i ratei risultano in realtà abbastanza 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 [µg/m²/d]	0,082 – 0,43	0,22 – 3,4	2,0 – 4,3
Cd [µg/m²/d]	0,011 – 0,14	0,16 – 0,90	0,12 – 4,6
Ni [µg/m²/d]	0,03 – 4,3	5 - 11	2,3 – 22

Tabella 22 - 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.

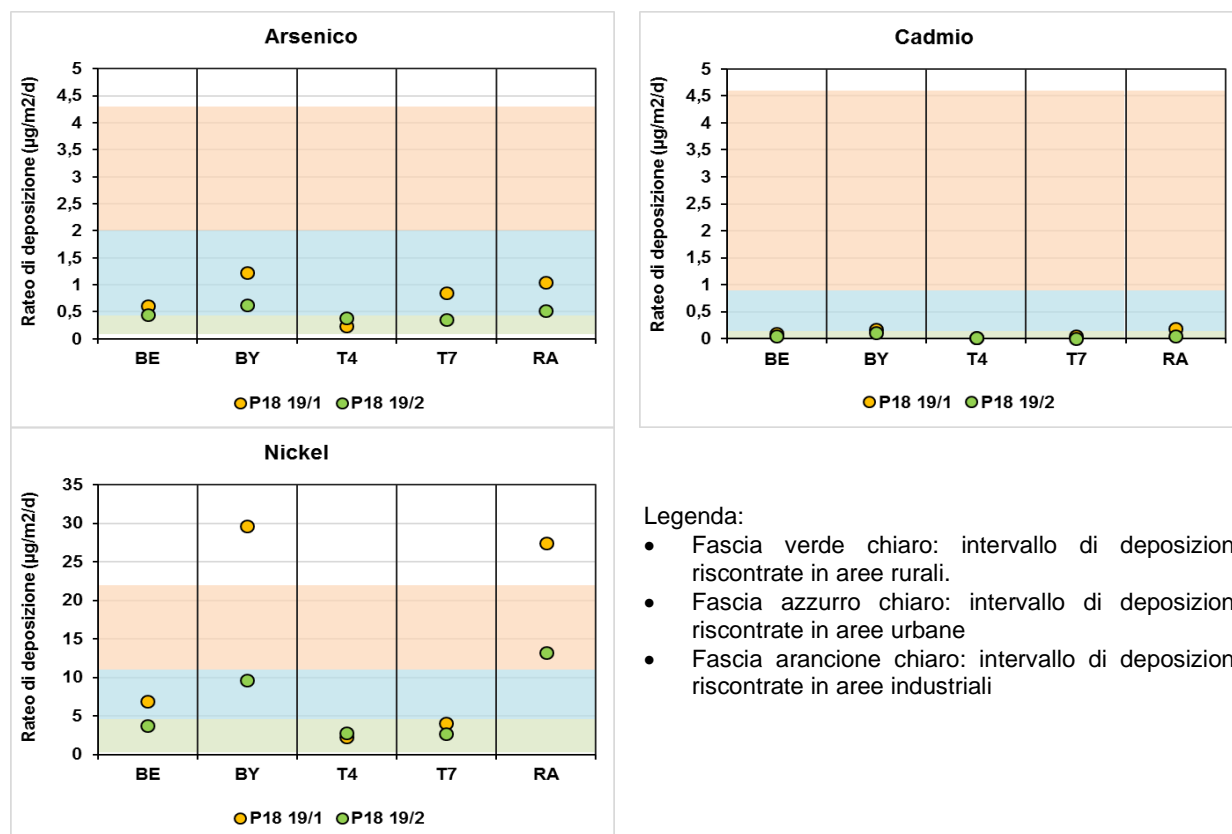


Figura 36 – Ratei di deposizione di As, Cd e Ni alla Spezia, confrontati con gli intervalli riscontrabili in aree rurali ed urbane europee.

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. Inoltre, i ratei più elevati sono risultati a Bypass e a Ravano nella campagna estiva **P18 19/1**, con valori superiori a quelli riferibili alle aree industriali.

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 23 - Valori guida europei di alcuni metalli nelle deposizioni atmosferiche⁷.

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 24), si può osservare che i ratei riscontrati alla Spezia sono inferiori di circa 3-10 volte per quanto riguarda l'As; 10-100 volte per il Cd; 3-20 volte per il Pb, 80-500 volte per il Hg e 30-200 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	0,6	0,09	7	28	0,013	0,025
Bypass	1,2	0,18	30	29	0,013	0,060
Torre T4	0,4	0,02	3	5	0,004	0,010
Torre T7	0,8	0,05	4	6	0,002	0,022
Ravano	1,0	0,19	28	18	0,009	0,045
<i>Germania</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>15</i>	<i>100</i>	<i>1</i>	<i>2</i>

Tabella 24 - Valori massimi delle deposizioni di alcuni metalli nelle campagne di monitoraggio del 2019.

Per quanto riguarda il Ni, risulta che i valori massimi riscontrati superano il valore guida tedesco per le postazioni di Bypass e Ravano. Va però ricordato che i valori guida si riferiscono a medie annuali mentre i valori riportati in Tabella 24 si riferiscono alla massima deposizione riscontrata nelle campagne. Se si considerano i valori medi delle campagne **P18 19/1** e **19/2** si ottiene per **Bypass** e **Ravano** una deposizione media di circa $20 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$, di poco superiore ai valori guida tedeschi.

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 $\mu\text{g}/\text{g}$.

⁷ 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

Postazione	Campagna	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Mn	Tl	V
Banchina ENEL	P18 19/1	9,3	1,3	235	0,03	105	137	416	594	0,4	9,3
Bypass	P18 19/1	6,5	0,9	384	0,01	156	152	545	798	0,3	6,5
Torre T4	P18 19/1	7,0	0,5	224	0,06	68	144	718	666	0,1	7,0
Torre T7	P18 19/1	17,6	1,1	158	0,04	83	110	246	592	0,5	17,6
Ravano	P18 19/1	5,3	1,0	274	0,01	140	90	245	738	0,2	5,3
Banchina ENEL	P18 19/2	16,0	1,6	383	0,45	137	996	261	481	0,8	16,0
Bypass	P18 19/2	7,4	1,2	289	0,15	113	115	265	518	0,3	7,4
Torre T4	P18 19/2	11,8	0,6	254	0,12	85	163	432	363	0,3	11,8
Torre T7	P18 19/2	11,1	0,1	219	0,03	85	184	223	352	0,6	11,1
Ravano	P18 19/2	6,3	0,5	363	0,11	160	99	283	697	0,3	6,3

Tabella 25 – Concentrazioni dei metalli nelle polveri depositate. Valori in µg/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.

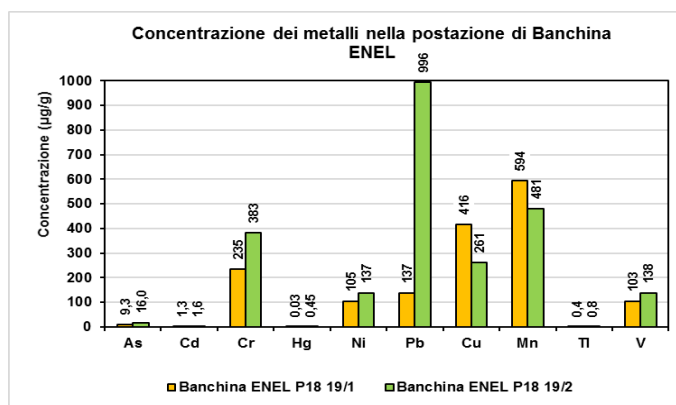


Figura 37 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni di Banchina ENEL.

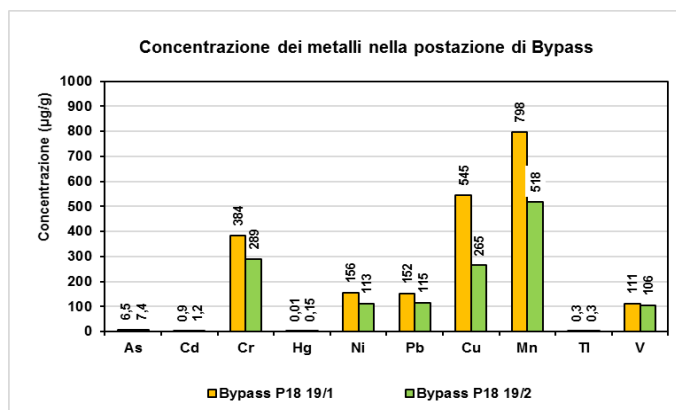


Figura 38 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Bypass.

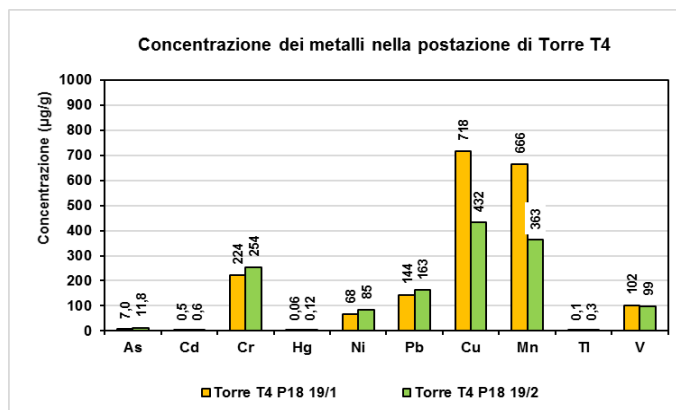


Figura 39 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Torre T4.

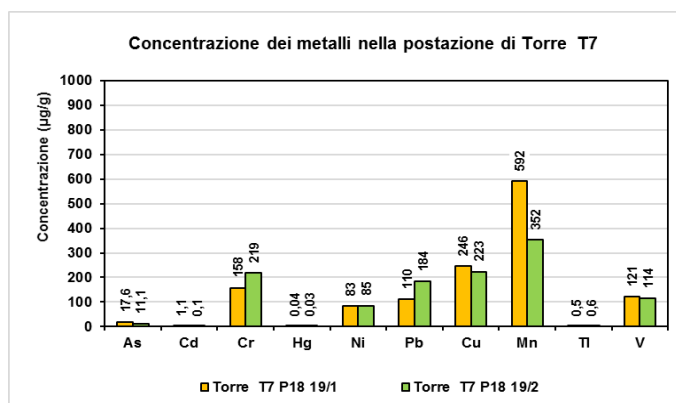


Figura 40 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Torre T7.

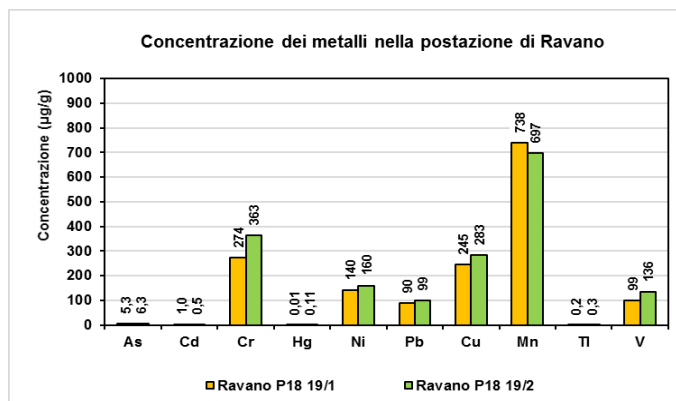


Figura 41 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Ravano.

Le due campagne si distinguono per i valori più elevati di concentrazione per tutti i metalli, tranne Cu e Mn, nelle polveri di Banchina nella campagna invernale **P18 19/2**; in particolare in questa campagna si nota il più alto valore di concentrazione per il Piombo. Nella campagna estiva **P18 19/1**, invece si sono registrate concentrazioni superiori rispetto alla invernale per il Mn in tutte le postazioni, e per il Cu in tutte le postazioni eccetto che a Ravano.

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 mg/m²/d.

Postazione	Campagna	Polveri	OC	EC	TC
Banchina ENEL	P18 19/1	66	9,7	4,6	14,3
Bypass	P18 19/1	189	20,1	11,8	31,9
Torre T4	P18 19/1	34	5,3	1,3	6,7
Torre T7	P18 19/1	48	8,1	7,1	15,2
Ravano	P18 19/1	197	25,9	16,2	42,1
Banchina ENEL	P18 19/2	28	4,9	1,1	6,0
Bypass	P18 19/2	85	10,9	3,3	14,2
Torre T4	P18 19/2	33	7,5	1,7	9,2
Torre T7	P18 19/2	32	5,2	1,7	6,9
Ravano	P18 19/2	82	10,8	2,6	13,4

Tabella 26 - Deposizione di polveri, carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC). Valori in mg/m²/d.

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

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

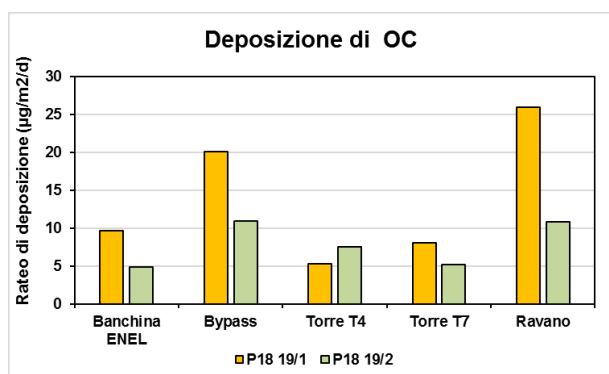


Figura 42 - Andamento delle deposizioni di OC nelle campagne P18 19/1 e 19/2.

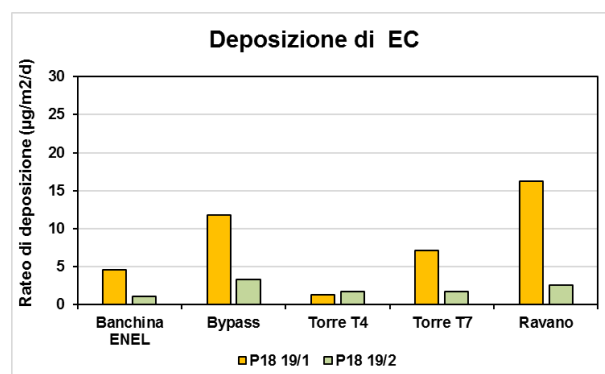


Figura 43 - Andamento delle deposizioni di EC nelle campagne P18 19/1 e 19/2.

Le deposizioni di carbonio organico OC e di carbonio elementare EC sono risultate maggiori nella campagna estiva **P18 19/1** in tutte le postazioni, 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 19/1	2,11
	P18 19/2	4,45
Bypass	P18 19/1	1,70
	P18 19/2	3,30
Torre T4	P18 19/1	4,08
	P18 19/2	4,41
Torre T7	P18 19/1	1,14
	P18 19/2	3,06
Ravano	P18 19/1	1,60
	P18 19/2	4,15

Tabella 27 - Valori del rapporto OC/EC nelle deposizioni.

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

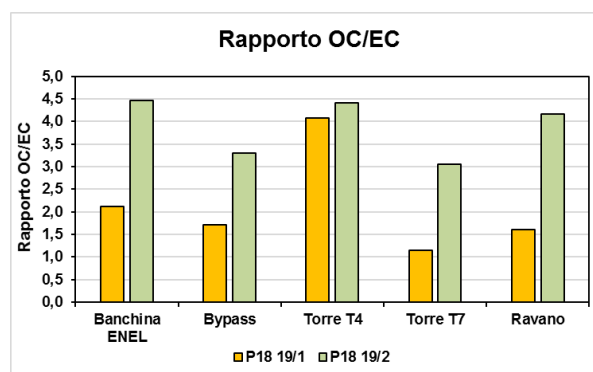


Figura 44 - Andamento del rapporto OC/EC nelle deposizioni.

Tra la campagna estiva **P18 19/1** e quella invernale **P18 19/2**, i rapporti OC/EC sono

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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

umentati in tutte le postazioni, eccetto che a Torre T4 dove il rapporto è risultato abbastanza simile tra le due campagne.

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 19/1	66	15%	7%	22%
	P18 19/2	28	18%	4%	21%
Bypass	P18 19/1	189	11%	6%	17%
	P18 19/2	85	13%	4%	17%
Torre T4	P18 19/1	34	16%	4%	20%
	P18 19/2	33	23%	5%	28%
Torre T7	P18 19/1	48	17%	15%	32%
	P18 19/2	32	16%	5%	22%
Ravano	P18 19/1	197	13%	8%	21%
	P18 19/2	82	13%	3%	16%

Tabella 28 – 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 17 e il 32% nella campagna estiva **P18 19/1** e tra il 16 ed il 28% nella campagna invernale **P18 19/2**. Le figure seguenti confrontano le % di OC e EC riscontrate nelle polveri depositate nelle campagne:

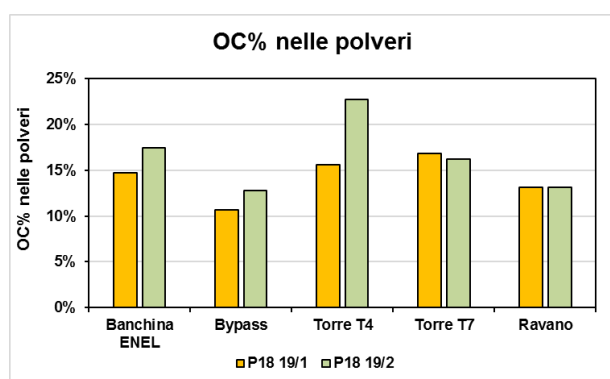


Figura 45 - Contenuto % di OC nelle polveri depositate nelle campagne

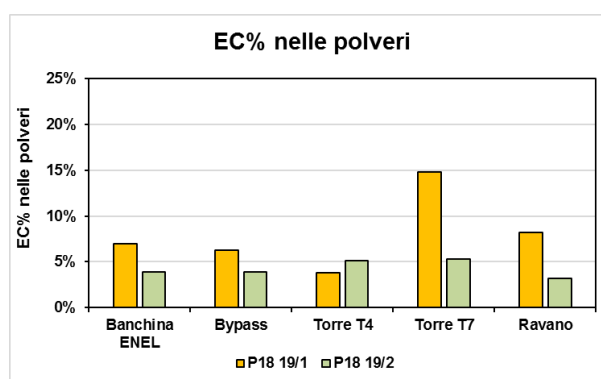


Figura 46 - Contenuto % di EC nelle polveri depositate nelle campagne

Dalle figure si nota che il contenuto % di OC è maggiore nelle polveri invernali in Banchina ENEL, Bypass e T4 e abbastanza simile a T7 e Ravano. Il Contenuto % di EC è maggiore nelle polveri estive in tutte le postazioni eccetto che a T4.

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.

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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Ai campioni del 2019 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 19/1	Campagna P18 19/2
Banchina ENEL	0,4	0,9
Bypass	< 0,1	< 0,1
Torre T4	0,9	< 0,1
Torre T7	1,0	0,2
Ravano	0,3	< 0,1

Tabella 29 - Percentuale stimata di particelle di carbone superficiali nei campioni di deposizione.

I risultati indicano che le quantità maggiori di carbone si riscontrano nella campagna **P18 19/1** a Torre T7 e nella campagna **P18 19/2** in Banchina ENEL. Si noti come, nella campagna senza scarico di carbone (**P18 19/1**), il valore più elevato, seppur sempre molto basso, si è rilevato nella postazione che si trova vicino al carbonile (T7).

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 30 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 molti 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 ² /d]
P18 19/A	17/12/2018	15/01/2019	29	43	67062	193
P18 19/B	15/01/2019	14/02/2019	30	156	137029	183
P18 19/C	14/02/2019	14/03/2019	28	45	68282	245
P18 19/D	14/03/2019	18/04/2019	35	243	0	314
P18 19/E	18/04/2019	22/05/2019	34	208	0	166
P18 19/F	22/05/2019	20/06/2019	29	101	0	168
P18 19/1	20/06/2019	24/07/2019	34	54	0	189
P18 19/G	27/07/2019	05/09/2019	40	110	0	154
P18 19/H	05/09/2019	08/10/2019	33	149	0	9
P18 19/I	08/10/2019	07/11/2019	30	313	0	83
P18 19/2	07/11/2019	12/12/2019	35	393	2600	85
<i>Media del rateo di deposizione</i>						163

Tabella 30 – 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 2019⁸). Il valore medio per il periodo di osservazione è risultato essere di 163 mg/m²/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 20). 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 raccolta, in mm, con asse secondario invertito:

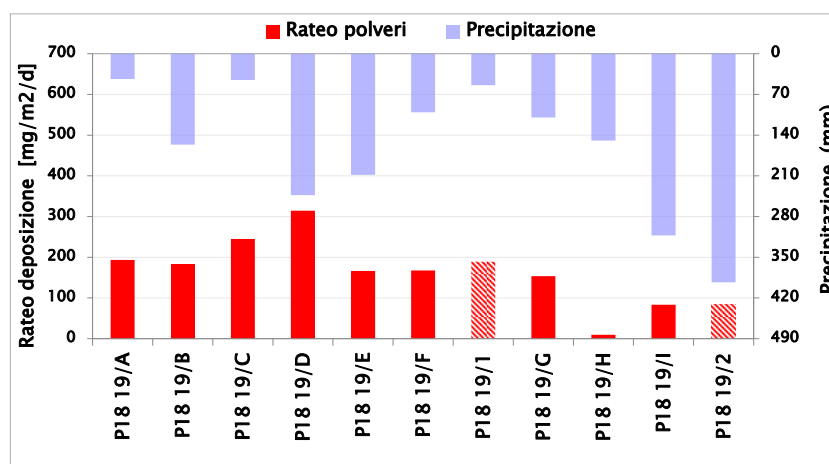


Figura 47 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili e precipitazione raccolta in mm nel corso dell'anno.

La figura evidenzia che i ratei di deposizione sono rimasti compresi tra circa 100 e circa 200 mg/m³/d, ad eccezione che per le seguenti campagne:

⁸ "Report monitoraggio Prescrizione 14 2019" prot ARPAL n. 21494 del 06/08/2020.

- **P18 19/C** in cui si è avuto un rateo di 245 mg/m²/d, con scarico carbone e poca precipitazione;
- **P18 19/D** in cui si è avuto un rateo di 314 mg/m²/d in assenza di scarico e con precipitazione più elevata.

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

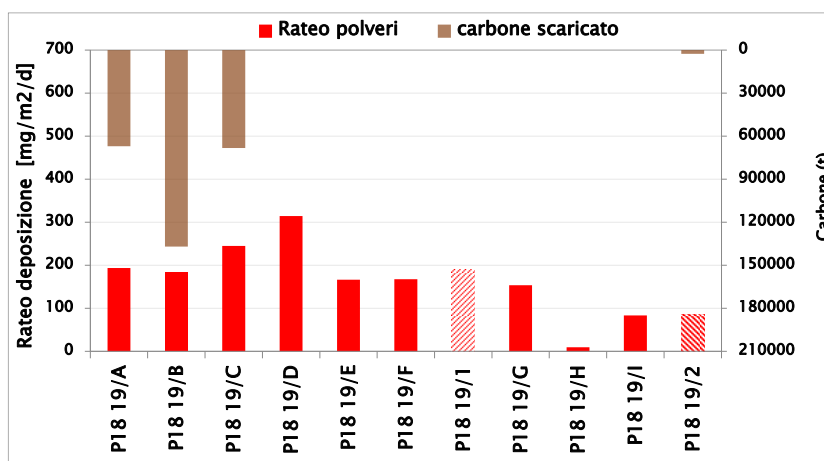


Figura 48 - Ratei di deposizione delle polveri e quantità di carbone scaricato in Banchina.

Come già evidenziato in precedenza, non si evidenzia alcuna correlazione tra rateo di deposizione delle polveri e quantità di carbone scaricato in Banchina. Infatti, si nota che nella campagna con rateo di deposizione più elevato, ovvero la campagna **P18 19/D** non si sono avute attività di movimentazione del carbone in Banchina. In generale, i ratei di deposizione delle polveri nelle campagne di campionamento senza scarico del carbone, sono confrontabili con quelli delle polveri nelle campagne con scarico del carbone.

5.5.2 *Contenuto di metalli*

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione dei metalli determinati a Bypass nel corso del 2019, in accordo con quanto previsto dalla prescrizione 18. I ratei di deposizione sono espressi tutti in µg/m²/d:

Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
P18 19/A	0,33	0,03	0,006	0,03	21	8	9	24	49	8
P18 19/B	0,56	0,03	0,014	0,03	26	11	13	49	60	10
P18 19/C	0,62	0,03	0,016	0,03	31	12	15	55	79	11
P18 19/D	0,81	0,01	0,024	0,02	42	18	18	56	120	19
P18 19/E	0,46	4,29	0,019	0,03	21	9	17	30	455	10
P18 19/F	0,03	0,03	0,002	0,03	3	1	2	7	9	1
P18 19/1	1,23	0,18	0,002	0,06	73	30	29	103	151	21
P18 19/G	0,51	0,10	0,219	0,02	10	7	8	17	41	5
P18 19/H	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
P18 19/I	0,41	0,03	0,301	0,03	6	5	6	16	25	4
P18 19/2	0,63	0,11	0,013	0,02	25	10	10	22	44	9
Media	0,56	0,48	0,062	0,03	26	11	12	38	103	10
Valore guida Germania	4	2	1	2	-	15	100	-	-	-

Tabella 31 – Ratei di deposizione di metalli del 2019 nella postazione di Bypass.

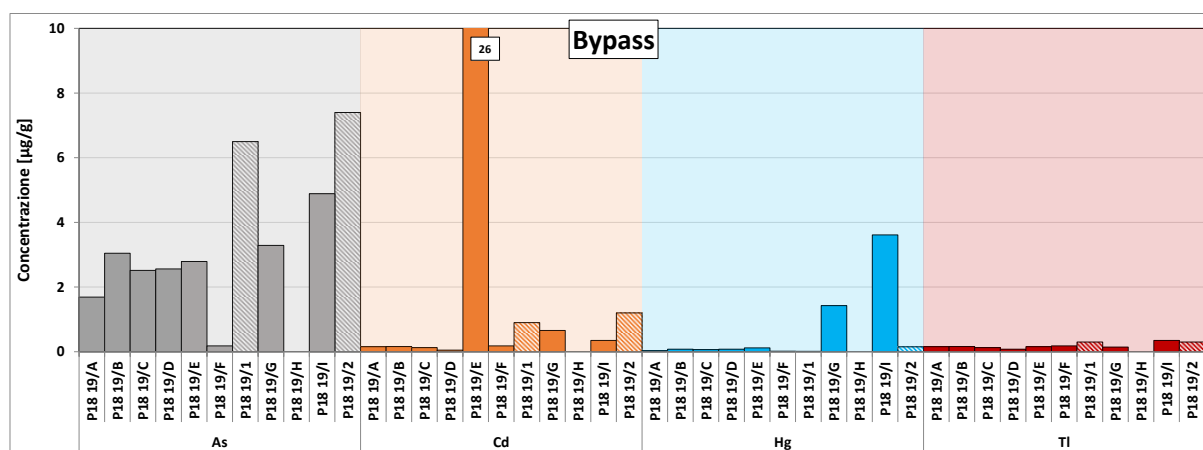
Si evidenzia che i ratei medi annuali dei metalli risultano ampiamente inferiori ai valori guida tedeschi, eccetto che per il valore anomalo di Cd durante la campagna **P18 19/E** e per il valore del Ni durante la campagna **P 18 19/D** e quella estiva **P18 19/1**.

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

Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
P18 19/A	1,69	0,15	0,03	0,15	109	42	44	122	254	39
P18 19/B	3,05	0,16	0,08	0,16	143	59	70	270	330	56
P18 19/C	2,52	0,13	0,07	0,13	128	50	62	223	324	47
P18 19/D	2,56	0,05	0,08	0,08	133	58	56	178	383	61
P18 19/E	2,79	25,80	0,12	0,15	126	52	103	183	2731	60
P18 19/F	0,18	0,18	0,01	0,18	19	9	10	42	56	6
P18 19/1	6,50	0,90	0,01	0,30	384	156	152	545	798	7
P18 19/G	3,29	0,66	1,42	0,14	64	46	49	110	269	31
P18 19/H	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
P18 19/I	4,89	0,35	3,61	0,35	71	62	68	188	303	44
P18 19/2	7,40	1,20	0,15	0,30	289	113	115	265	518	7

Tabella 32 – Concentrazioni in $\mu\text{g/g}$ dei metalli nelle polveri per le campagne di monitoraggio 2018.

Le figure che seguono riportano per Bypass l'andamento delle concentrazioni di metalli, in $\mu\text{g/g}$, presenti nelle polveri nell'anno. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della **P18 19/1** e **P18 19/2**:



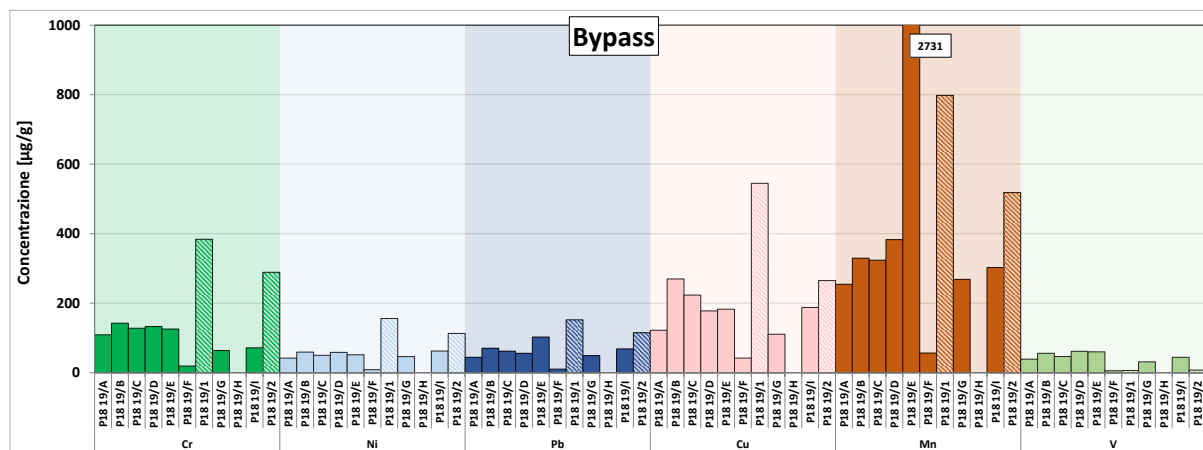


Figura 49 – Concentrazioni dei metalli a Bypass nel corso dell'anno.

I grafici e la tabella soprariportati 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 Cd e Mn registrate nella campagna **P18 19/E** potrebbero essere legate ad un episodio di avvezione Sahariana verificatosi verso il 24 aprile, associato ad un contesto di flusso meridionale (vedi cap.3).

In conclusione, l'analisi estesa a tutto l'anno associata ai dati di carbone movimentate in Banchina non evidenzia alcuna correlazione con quest'ultima attività.

5.5.3 Caratterizzazione mediante SEM

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

Campagna	% carbone
P18 19/A	< 0,1
P18 19/B	0,8
P18 19/C	0,8
P18 19/D	< 0,001
P18 19/E	< 0,1
P18 19/F	1,0
P18 19/1	< 0,1
P18 19/G	< 0,1
P18 19/H	< 0,1
P18 19/I	< 0,1
P18 19/2	< 0,1

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

I risultati rappresentativi di tutto l'anno, evidenziano che la quantità di particelle di carbone rilevate nello strato superficiale delle deposizioni raccolte sul filtro nel caso peggiore non supera l'1%. 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.

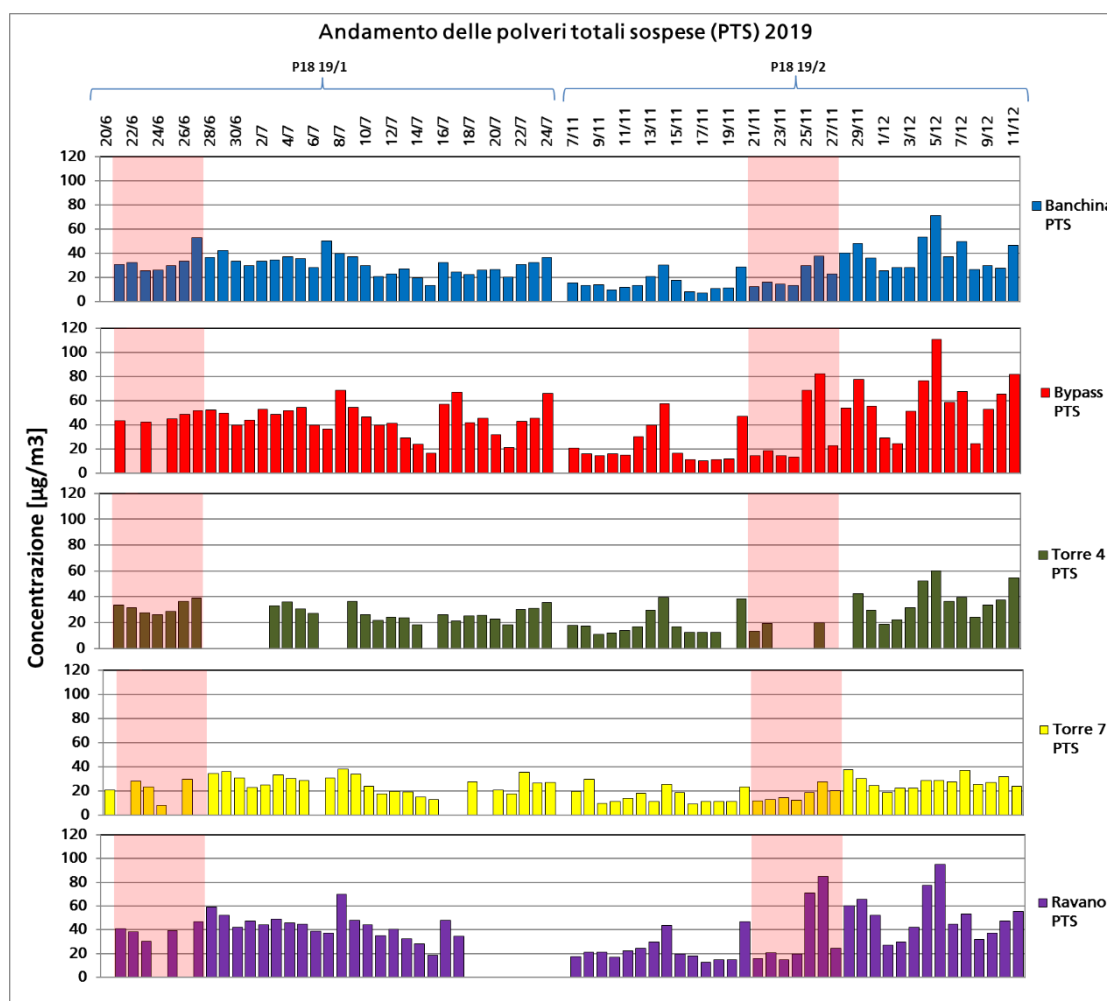


Figura 50 – Andamento delle PTS nelle postazioni di Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano durante i monitoraggi della Prescrizione 18.

Di seguito sono riportati gli indici statistici riepilogativi dei dati di PTS misurati nelle due campagne del 2019:

Postazione	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Data inizio	20-giu-19	20-giu-19	20-giu-19	20-giu-19	20-giu-19
Data fine	24-lug-19	24-lug-19	24-lug-19	24-lug-19	24-lug-19
n°valori giornalieri previsti	34	34	34	34	34
n°valori giornalieri sperimentali	32	33	34	33	33
% valori giornalieri sperimentali	94	97	100	97	97
Media nel periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	37	41	37	25	42
Dev.Stand	17	11	15	6	15
Minimo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	18	18	6	14	6
Massimo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	92	78	74	44	85
Mediana (50° percentile)	32	41	35	24	41
25° percentile	26	33	26	22	34
75° percentile	32	41	35	24	41
95° percentile	45	46	45	29	47

Tabella 33 - Indici statistici delle misure di PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano (P18 19/1).

Postazione	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Data inizio	07-nov-19	07-nov-19	07-nov-19	07-nov-19	07-nov-19
Data fine	11-dic-19	11-dic-19	11-dic-19	11-dic-19	11-dic-19
n°valori giornalieri previsti	35	35	35	35	35
n°valori giornalieri sperimentali	35	35	29	35	35
% valori giornalieri sperimentali	100	100	83	100	100
Media nel periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	26	39	27	21	37
Dev.Stand	15	27	14	8	22
Minimo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	7	10	11	9	13
Massimo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	71	111	60	38	95
Mediana (50° percentile)	26	29	22	20	30
25° percentile	14	15	17	13	20
75° percentile	26	29	22	20	30
95° percentile	33	58	37	27	50

Tabella 34 - Indici statistici delle misure di PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano (P18 19/2).

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

	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 19/1 (20/06 – 24/07/19)	37 \pm 17	41 \pm 11	37 \pm 15	25 \pm 6	42 \pm 15
Campagna P18 19/2 (07/11 – 11/12/19)	26 \pm 15	39 \pm 27	27 \pm 14	21 \pm 8	37 \pm 22

Tabella 35 - Confronto tra i valori medi ± 1 deviazione standard di PTS nel periodo di movimentazione del carbone (P18 19/1 e 19/2). Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

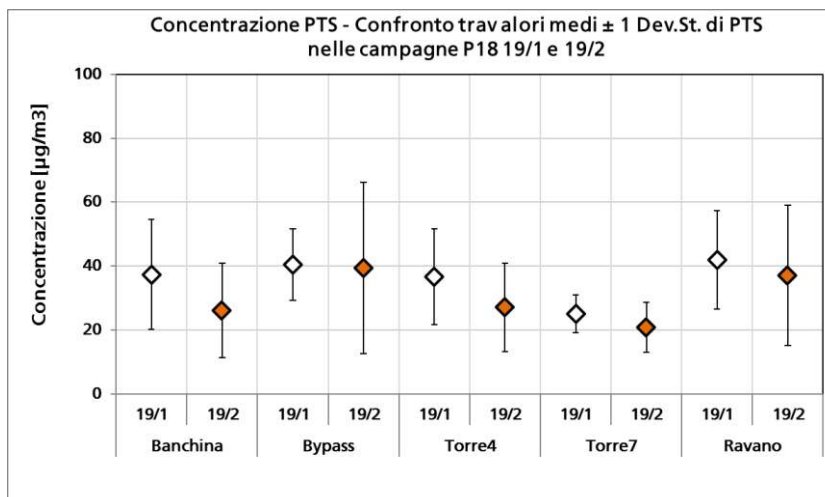


Figura 51 – Confronto tra i valori medi ± 1 deviazione standard di PTS nel corso delle campagne P18 19/1 e 19/2 con movimentazione del carbone. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A parità di postazione, i valori medi di PTS della campagna **P18 19/1** sono abbastanza simili a quelli della campagna **P18 19/2**, 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.

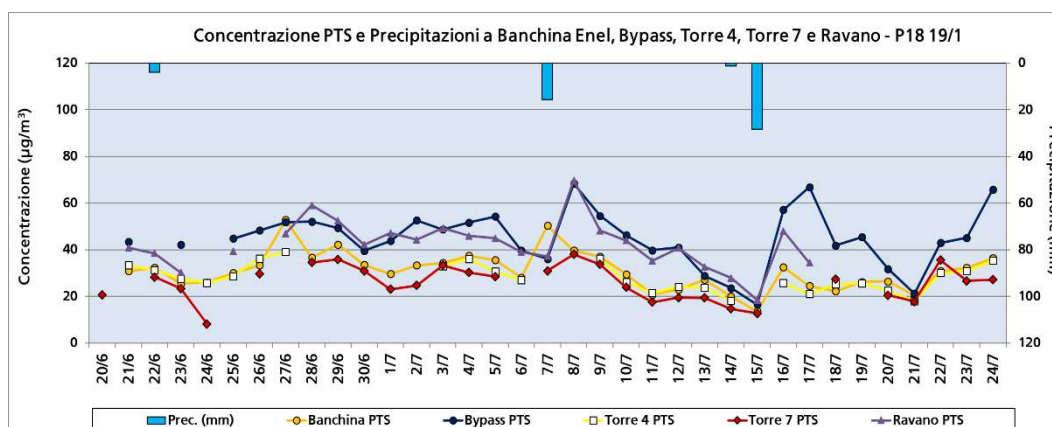


Figura 52 – Andamento temporale delle PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano durante la campagna P18 19/1. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

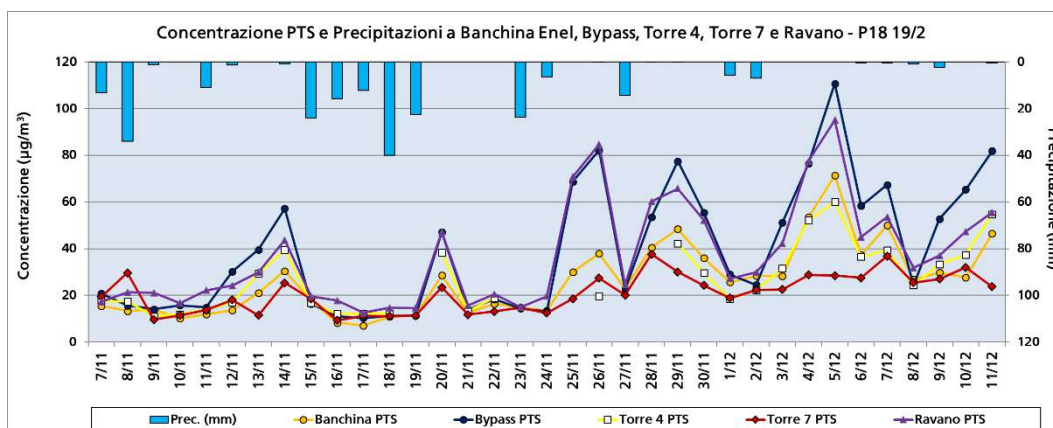


Figura 53 – Andamento temporale delle PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano durante la campagna P18 19/2. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

In entrambe le campagne, l'andamento delle polveri in tutte le postazioni risulta abbastanza simile, con poche anomalie, ed i valori di PTS sono stati maggiori a Bypass e Ravano, con valori in un caso superiore a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Bypass durante la campagna invernale **P18 19/2**. Le concentrazioni minori sono quasi 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 14⁹.

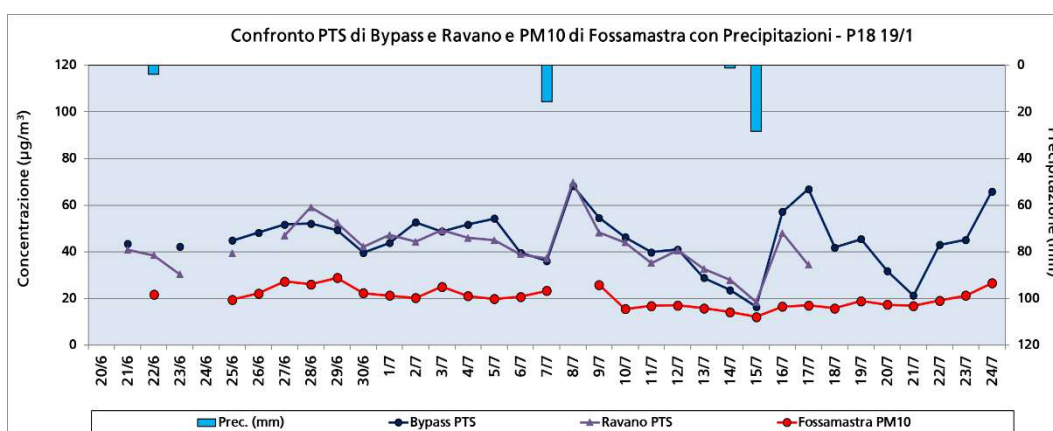


Figura 54 – Andamento temporale delle PTS a Bypass e Ravano e del PM10 di Fossamastra, durante la campagna P18 19/1 (Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

⁹ 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".

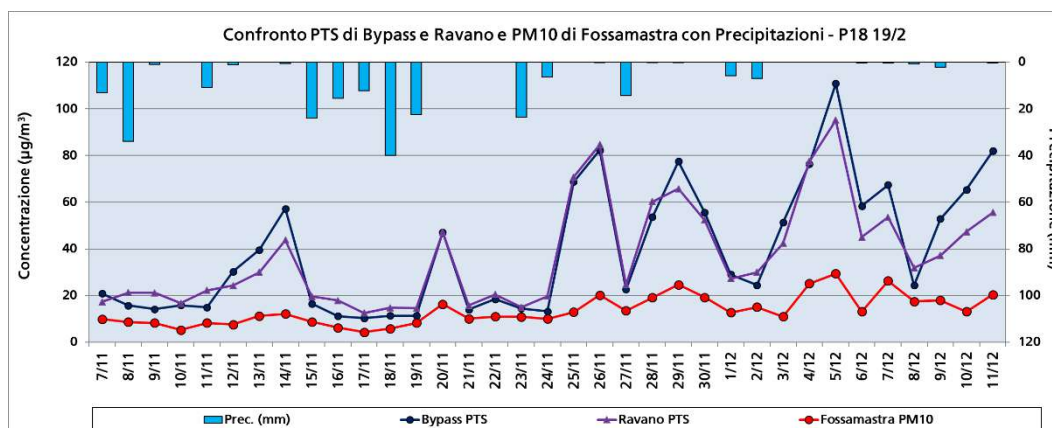


Figura 55 - Andamento temporale delle PTS a Bypass e Ravano e del PM10 di Fossamastra, durante la campagna P18 19/2 (Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

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 maggiormente nella campagna invernale **P18 19/2**, probabilmente legata a fenomeni locali. Si nota inoltre come gli eventi di precipitazione influenzino particolarmente l'andamento delle polveri più grossolane, portandole allo stesso livello di quelle più fini.

Le figure precedenti consentono anche di apprezzare meglio la sostanziale confrontabilità, se non equivalenza in taluni 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 ng/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 19/1	28/06/2019	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	04/07/2019	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	10/07/2019	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	16/07/2019	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	22/07/2019	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Campagna P18 19/2	07/11/2019	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	13/11/2019	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	19/11/2019	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	01/12/2019	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	07/12/2019	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Tabella 36- Concentrazioni di Cadmio nei campioni di PTS. Valori in ng/m^3 .

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 19/1	28/06/2019	3,0	3,3	nd	2,2	4,0
	04/07/2019	1,6	2,2	2,7	1,3	1,8
	10/07/2019	< 1,0	1,3	< 1,0	< 1,0	1,4
	16/07/2019	2,5	4,2	2,2	nd	2,5
	22/07/2019	2,3	2,9	3,3	2,1	nd
Campagna P18 19/2	07/11/2019	< 1,0	< 1,0	< 1,0	nd	< 1,0
	13/11/2019	< 1,0	2,5	1,6	< 1,0	1,1
	19/11/2019	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
	01/12/2019	< 1,0	0,9	< 1,0	< 1,0	< 1,0
	07/12/2019	1,6	4,5	< 1,0	< 1,0	4,3

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

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 19/1	28/06/2019	10,4	13,9	nd	11,1	16,3
	04/07/2019	9,0	14,7	12,1	5,8	11,7
	10/07/2019	7,1	11,8	8,9	5,5	12,2
	16/07/2019	7,4	15,7	8,7	nd	12,5
	22/07/2019	8,6	13,5	12,1	7,0	nd
Campagna P18 19/2	07/11/2019	3,0	5,3	5,5	nd	3,6
	13/11/2019	5,0	10,8	11,6	2,1	9,7
	19/11/2019	2,0	3,8	2,2	1,1	3,3
	01/12/2019	2,6	6,1	1,1	1,1	4,3
	07/12/2019	7,5	17,9	6,3	4,3	10,9

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

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 19/1	28/06/2019	2,1	2,3	nd	1,9	2,6
	04/07/2019	2,8	3,5	3,3	3,2	3,0
	10/07/2019	0,9	1,6	1,7	< 1,0	1,5
	16/07/2019	1,1	2,2	1,7	nd	1,4
	22/07/2019	1,3	1,8	2,5	1,3	nd
Campagna P18 19/2	07/11/2019	2,0	2,4	3,9	nd	2,4
	13/11/2019	1,5	2,1	4,0	2,5	2,0
	19/11/2019	< 1,0	1,7	1,2	< 1,0	< 1,0
	01/12/2019	1,1	1,8	< 1,0	1,2	< 1,0
	07/12/2019	4,3	7,1	4,2	3,7	5,9

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

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 19/1	28/06/2019	3,4	4,3	nd	2,5	5,3
	04/07/2019	2,9	4,6	5,3	2,3	3,8
	10/07/2019	2,9	3,9	4,1	2,2	4,0
	16/07/2019	3,1	5,8	4,8	nd	4,3
	22/07/2019	2,3	3,7	4,3	1,9	nd
Campagna P18 19/2	07/11/2019	2,6	3,5	4,9	nd	2,9
	13/11/2019	2,3	4,1	4,8	1,4	4,7
	19/11/2019	1,7	3,6	2,3	1,0	2,3
	01/12/2019	1,6	3,3	1,0	1,0	1,9
	07/12/2019	3,3	7,2	2,2	2,0	5,0

Tabella 40 - 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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 19/1	28/06/2019	4,6	4,4	nd	3,6	5,4
	04/07/2019	2,3	2,5	3,1	1,5	2,2
	10/07/2019	1,0	1,1	1,5	< 1,0	1,1
	16/07/2019	5,3	7,2	5,3	nd	3,6
	22/07/2019	3,0	3,4	4,6	2,6	nd
Campagna P18 19/2	07/11/2019	< 1,0	< 1,0	0,9	nd	< 1,0
	13/11/2019	< 1,0	< 1,0	1,4	< 1,0	< 1,0
	19/11/2019	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
	01/12/2019	< 1,0	1,8	< 1,0	< 1,0	< 1,0
	07/12/2019	< 1,0	2,7	< 1,0	< 1,0	1,1

Tabella 41- Concentrazioni di Vanadio nei campioni di PTS. Valori in ng/m³.

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. I dati dei metalli nei campioni di PTS per il 2019 variano comunque in modo molto contenuto senza la presenza di eventuali dati anomali legati a possibili contaminazioni estemporanee.

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.

		Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 19/1	<i>n</i>	5	5	4	4	4
	Media	2	3	2	2	2
	Min	1	1	1	1	1
	Max	3	4	3	2	4
	Mediana	2	3	2	2	2
Campagna P18 19/2	<i>n</i>	5	5	5	4	5
	Media	1	2	1	1	2
	Min	1	1	1	1	1
	Max	2	5	2	1	4
	Mediana	1	1	1	1	1

Tabella 42 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Nickel nei campioni di PTS. Valori in ng/m³, salvo *n* (numero dei campioni).

		Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 19/1	<i>n</i>	5	5	4	4	4
	Media	8	14	10	7	13
	Min	7	12	9	6	12
	Max	10	16	12	11	16
	Mediana	9	14	10	6	12
Campagna P18 19/2	<i>n</i>	5	5	5	4	5
	Media	4	9	5	2	6
	Min	2	4	1	1	3
	Max	8	18	12	4	11
	Mediana	3	6	6	2	4

Tabella 43 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Manganese nei campioni di PTS. Valori in ng/m³, salvo *n* (numero dei campioni).

		Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 19/1	<i>n</i>	5	5	4	4	4
	Media	2	2	2	2	2
	Min	1	2	2	1	1
	Max	3	4	3	3	3
	Mediana	1	2	2	2	2
Campagna P18 19/2	<i>n</i>	5	5	5	4	5
	Media	2	3	3	2	2
	Min	1	2	1	1	1
	Max	4	7	4	4	6
	Mediana	2	2	4	2	2

Tabella 44 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Piombo nei campioni di PTS. Valori in ng/m³, salvo n (numero dei campioni).

		Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 19/1	<i>n</i>	5	5	4	4	4
	Media	3	4	5	2	4
	Min	2	4	4	2	4
	Max	3	6	5	3	5
	Mediana	3	4	5	2	4
Campagna P18 19/2	<i>n</i>	5	5	5	4	5
	Media	2	4	3	1	3
	Min	2	3	1	1	2
	Max	3	7	5	2	5
	Mediana	2	4	2	1	3

Tabella 45 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Cromo nei campioni di PTS. Valori in ng/m³, salvo n (numero dei campioni).

		Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 19/1	<i>n</i>	5	5	4	4	4
	Media	3	4	4	2	3
	Min	1	1	1	1	1
	Max	5	7	5	4	5
	Mediana	3	3	4	2	3
Campagna P18 19/2	<i>n</i>	5	5	5	4	5
	Media	1	2	1	1	1
	Min	1	1	1	1	1
	Max	1	3	1	1	1
	Mediana	1	1	1	1	1

Tabella 46 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Vanadio nei campioni di PTS. Valori in ng/m³, 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 5 ng/m³ in tutte le campagne mentre quelli medi tra 1 e 3 ng/m³, con sostanziale similitudine tra le postazioni a prescindere dalla stagione;
- **Manganese:** i valori giornalieri delle concentrazioni sono variati tra 6-16 ng/m³ nella **P18 19/1**, 1-18 ng/m³ nella **P18 19/2** con valore medi delle campagne rispettivamente compresi tra 7 e 13 ng/m³ e 2 e 9 ng/m³. I valori medi più elevati si sono rilevati a Bypass e Ravano;
- **Piombo:** i valori giornalieri di concentrazione sono rimasti compresi tra 1-7 ng/m³ tra le postazioni e quelli medi tra 2 e 3 ng/m³ quindi con quasi assente variabilità stagionale e spaziale;
- **Cromo totale:** complessivamente le concentrazioni giornaliere di Cr sono rimaste comprese tra 1 e 7 ng/m³, con valori medi compresi tra 2 e 5 ng/m³ in estate e 1 e 4 ng/m³ in inverno;

**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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

- **Vanadio:** le concentrazioni giornaliere di Vanadio sono risultate confrontabili tra le diverse postazioni con valori compresi tra 1-7 ng/m³; i valori massimi sono stati registrati in estate (**P18 19/1**). Anche le concentrazioni medie sono risultate omogenee tra le postazioni e comprese tra 2-4 ng/m³ in estate e 1-2 ng/m³ in inverno.

6.2 *Il monitoraggio del traffico*

Dall'analisi dei dati (v. Appendice 5) si evidenzia anche per il 2019 che:

- la zona è soggetta ad elevato traffico, valutabile nel transito in inverno su Viale San Bartolomeo di 7000-9000 veicoli totali dal lunedì al venerdì e di circa 5000 il sabato e la domenica. In estate si sono avuti valori decisamente maggiori del transito dei veicoli in tutti i giorni della settimana;
- nella zona di Darsena in estate si conteggiano circa 1000-2000 transiti giornalieri dal lunedì al venerdì e un netto calo il sabato e la domenica, per lo più di autoveicoli, in inverno si è osservato un leggero incremento.
- il traffico pesante subisce rispetto ai giorni lavorativi una generale riduzione il sabato e la domenica in inverno.

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 2019

In questo paragrafo sono sinteticamente valutati i risultati delle campagne della prescrizione 18 effettuate dal 2014 al 2019 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 (descritta di seguito) e per tale motivo non è riportata nella Tabella 47.

Campagne prescrizione 18				
Anno	Codifica	Data	Quantità carbone scaricato (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
2019	P18 19/1	20/06 - 24/07/19	0	Campagna di monitoraggio estiva
2019	P18 19/2	07/11 - 12/12/19	2600	Campagna di monitoraggio invernale

Tabella 47 - 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 cinque invernali di monitoraggio con la Centrale in funzionamento e con scarico di carbone;
- la campagna estiva **P18 19/1** senza scarico di carbone non è stata considerata una campagna di bianco, perché con Centrale parzialmente in funzione per il 32% del tempo e quindi con movimentazione di carbone vicino al carbonile;
- 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 estiva **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);

- durante la invernale **P18 19/2**, l'eccezionale quantità di precipitazioni ha costretto ad un cambio anticipato dei deposimetri, avvenuto in data 21/11/2019, e le deposizioni sono state sommate; inoltre nei giorni 10-11/11 e 23/11/2019 si sono avuti due eventi meteo di avvezione sahariana con significativa deposizione di sabbie.
- 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 2016¹⁰).

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.

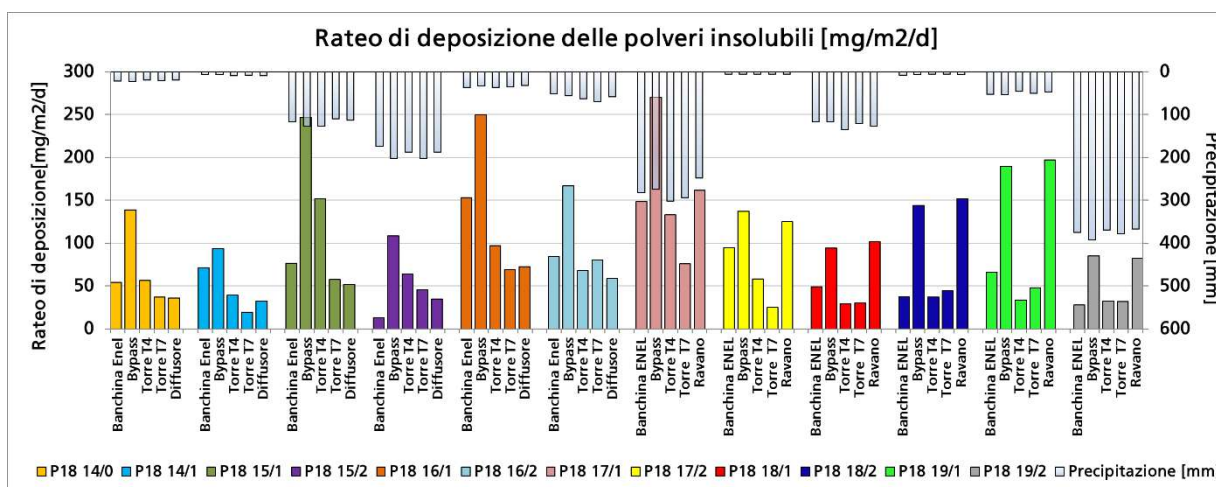


Figura 56 - Rateo di deposizione delle polveri insolubili delle campagne.

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/m²/d, nelle altre postazioni si sono rilevati valori superiori a 100 mg/m²/d solo nelle

¹⁰ "Report monitoraggio prescrizione 14 - anno 2016", Prot. ARPAL n.2778 del 26/01/2018.

campagne **P18 15/1** per Torre T4, **P18 16/1** per Banchina ENEL, **P18 17/1** per Banchina ENEL, Torre T4 e Ravano, nella **P18 17/2** per Ravano, nella **P18 18/2** e **P18 19/1** per Bypass e 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/m²/d, vedi Tabella 19).

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:

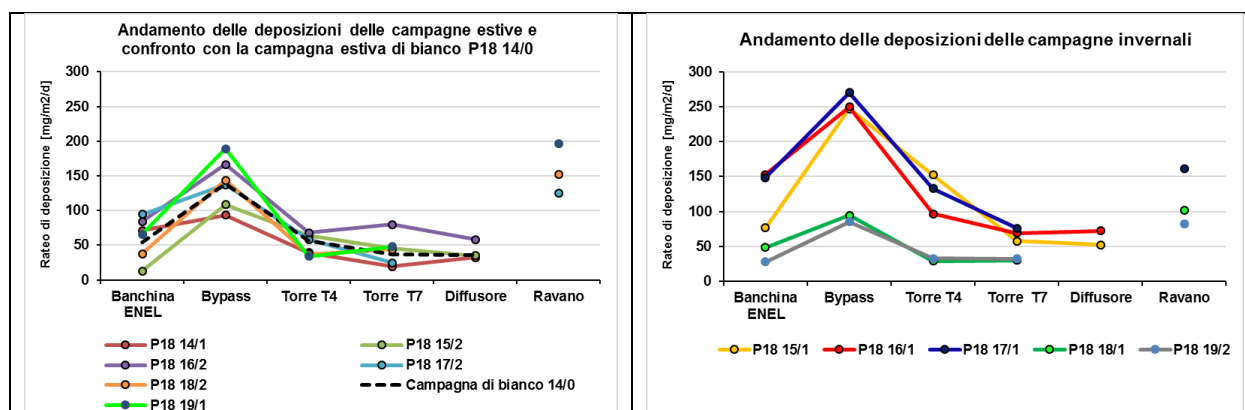


Figura 57 - Andamento delle deposizioni delle campagne estive e invernali e confronto con campagna di bianco estiva P18 14/0.

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 58 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).

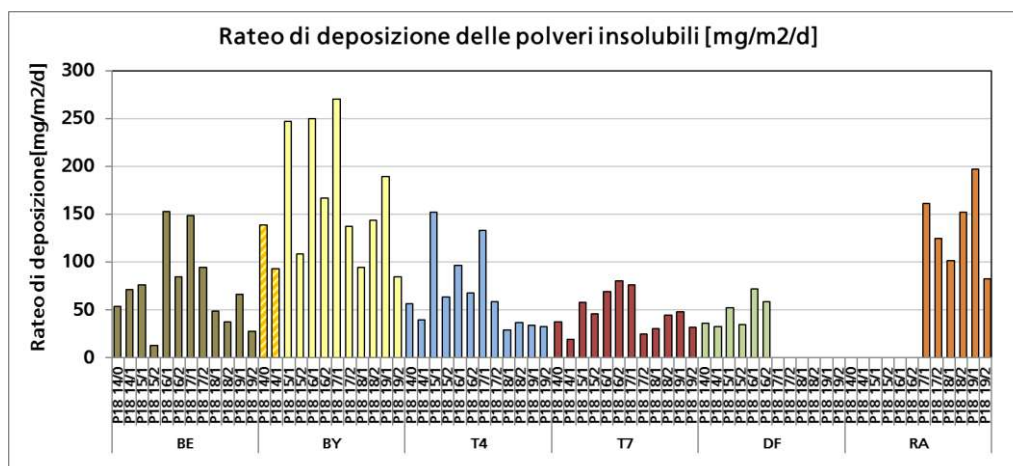


Figura 58 - Rateo di deposizione delle polveri insolubili delle campagne. Le barre tratteggiate indicano i valori di Bypass ricalcolati.

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 simili a quelli misurati a Banchina ENEL nella campagna **P18 17/1** e a quelli di Bypass nella **P18 19/1**.

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 ± 1 deviazione standard rispetto alla misura.

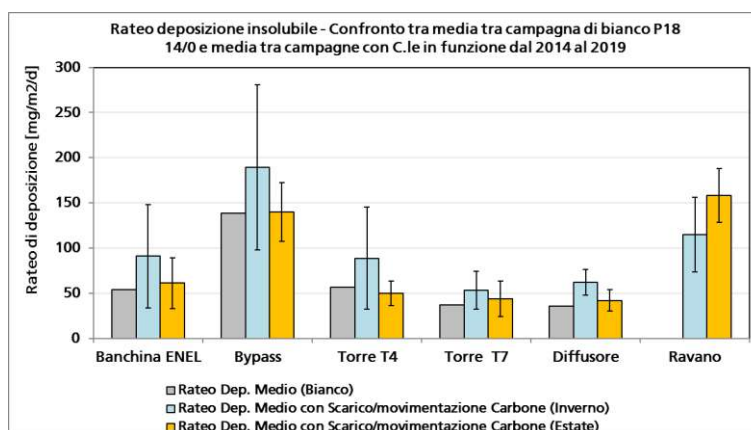


Figura 89 - Confronto rateo di deposizione medio delle polveri insolubili misurato durante la campagna di bianco estiva (14/0) e nei periodi di scarico/movimentazione di carbone in estate e inverno.

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 mediamente inferiore.

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 scaricato							
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
P18 19/1	0	66	189	34	48	-	197
P18 19/2	2600	28	85	33	32	-	82

Tabella 48 - Rateo di deposizione delle polveri e quantità di carbone scaricato (2014 - 2019).

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

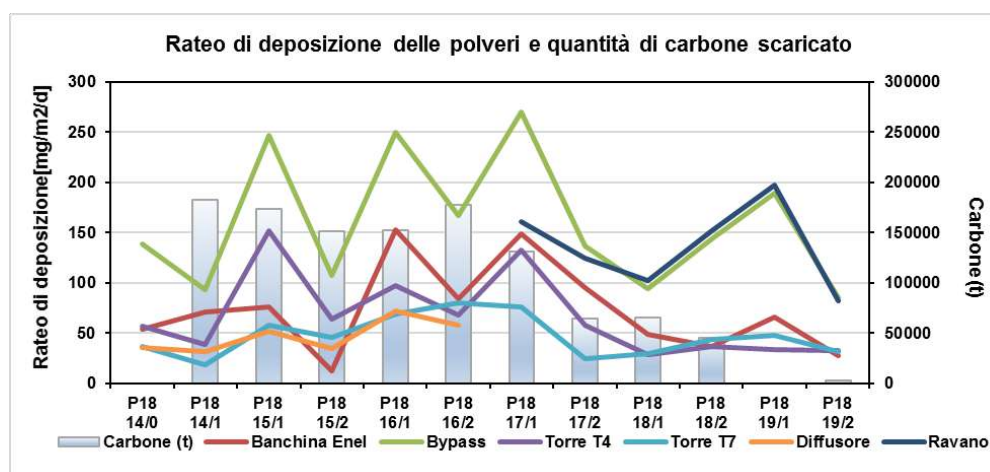


Figura 59 - Rateo di deposizione delle polveri e quantità di carbone scaricato (2014 - 2019).

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 e nel 2019 quasi assente;
- una netta dipendenza dei ratei di deposizione dalla stagionalità in quasi tutte le postazioni con massimi relativi in inverno e minimi relativi in estate fino al 2018, dove appare meno accentuata a causa della ridotta deposizione durante la campagna invernale **P18 18/1** (plausibilmente per cause meteorologiche che hanno diminuito la polverosità in aria). Nel 2019 invece le maggiori deposizioni si

sono rilevate nella campagna estiva **P18 19/1** e quelle minori nella **19/2** plausibilmente a causa delle forti precipitazioni occorse;

- non si nota una correlazione tra ratei di 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:

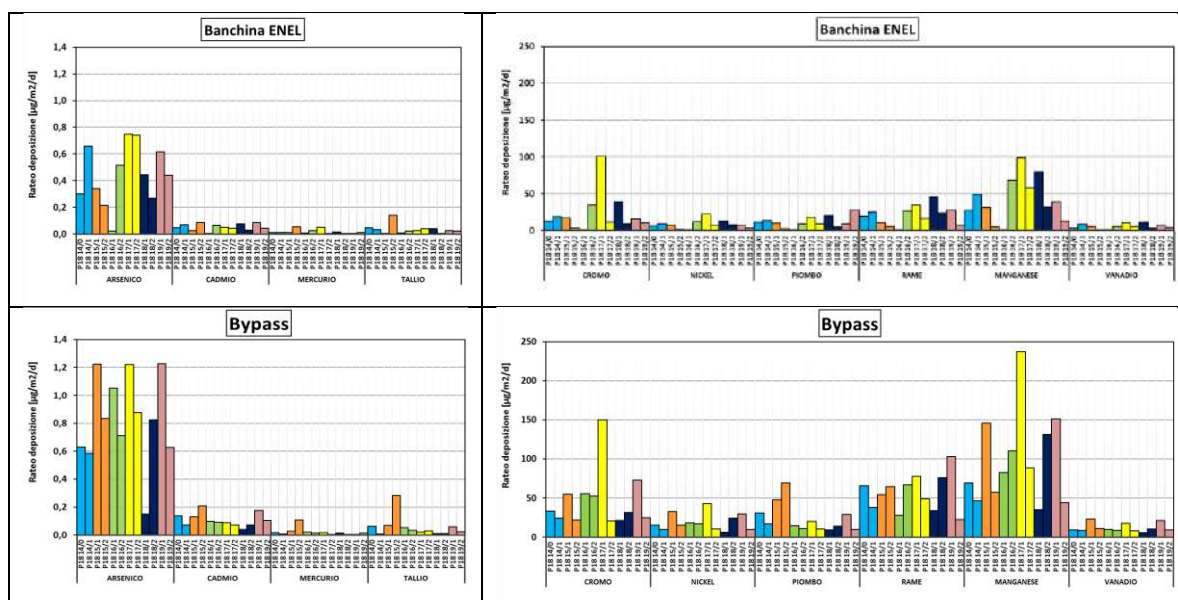
<i>Correlazione di Pearson</i> (C_p)	Quantità carbone scaricato
Banchina Enel	0,38
Bypass	0,33
Torre T4	0,56
Torre T7	0,43
Diffusore	0,30
Ravano	0,07

Tabella 49 - Correlazione di *Pearson* tra rateo di deposizione di polveri e carbone scaricato.

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 2019, 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.



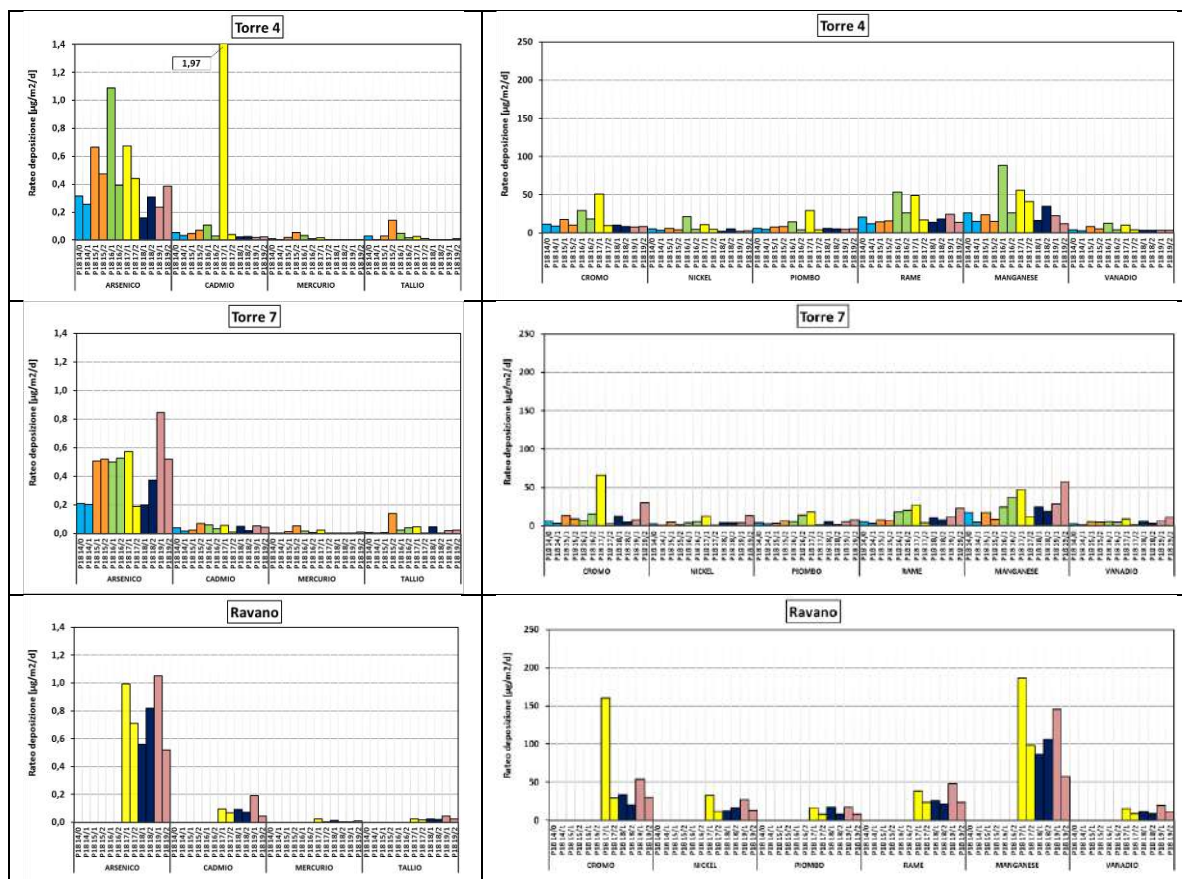


Figura 60 - Deposizione di metalli nelle polveri insolubili - Banchina Enel, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano.

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 ± 1 dev.st delle campagne estive e invernali a confronto con la campagna di bianco estiva **P18 14/0**:

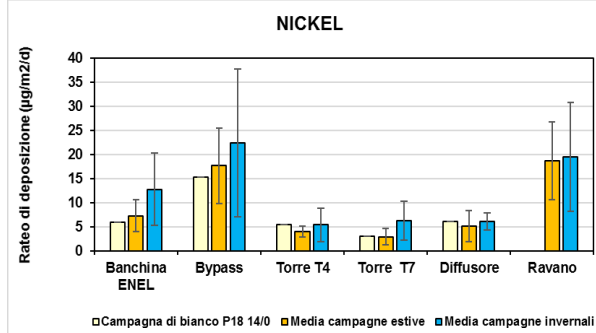
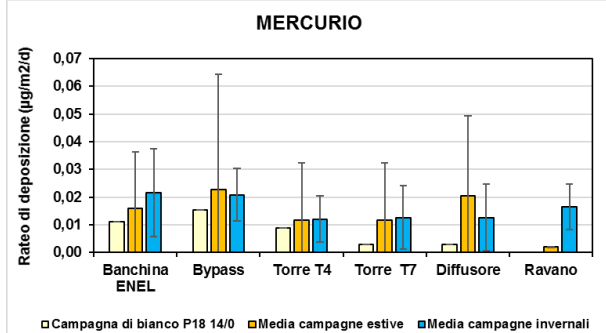
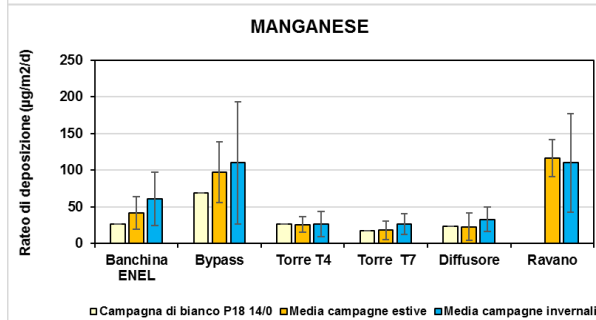
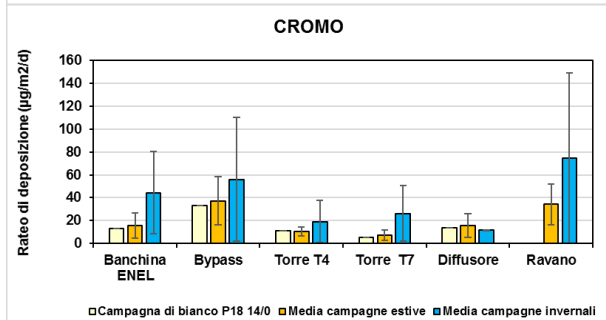
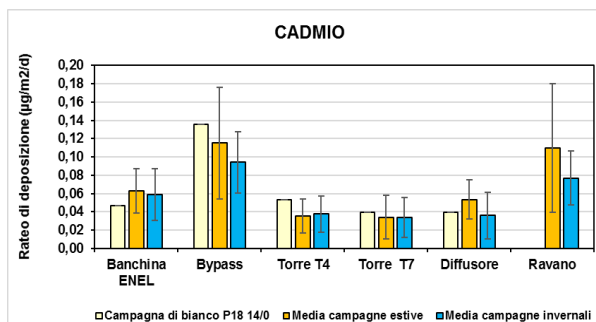
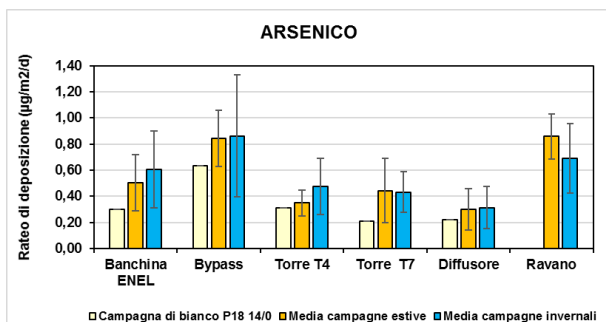
Rateo di deposizione (Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$)		Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Diffusore	Ravano
ARSENICO	P18 14/0	0,30 \pm n.c.	0,63 \pm n.c.	0,31 \pm n.c.	0,21 \pm n.c.	0,22 \pm n.c.	n.d.
	Campagne Estive	0,50 \pm 0,22	0,84 \pm 0,22	0,35 \pm 0,10	0,44 \pm 0,25	0,30 \pm 0,16	0,86 \pm 0,17
	Campagne Invernali	0,61 \pm 0,29	0,86 \pm 0,47	0,48 \pm 0,21	0,43 \pm 0,15	0,31 \pm 0,16	0,69 \pm 0,26
CADMIO	P18 14/0	0,05 \pm n.c.	0,14 \pm n.c.	0,05 \pm n.c.	0,04 \pm n.c.	0,04 \pm n.c.	n.d.
	Campagne Estive	0,06 \pm 0,02	0,12 \pm 0,06	0,04 \pm 0,02	0,03 \pm 0,02	0,05 \pm 0,02	0,11 \pm 0,070
	Campagne Invernali	0,06 \pm 0,03	0,09 \pm 0,03	0,04 \pm 0,02	0,03 \pm 0,02	0,04 \pm 0,03	0,08 \pm 0,030
CROMO	P18 14/0	13 \pm n.c.	33 \pm n.c.	11 \pm n.c.	6 \pm n.c.	14 \pm n.c.	n.d.
	Campagne Estive	16 \pm 11	37 \pm 21	10 \pm 4	7 \pm 5	16 \pm 10	34 \pm 18
	Campagne Invernali	44 \pm 36	56 \pm 54	19 \pm 18	26 \pm 24	12 \pm 0	75 \pm 74
MANGANESE	P18 14/0	27 \pm n.c.	69 \pm n.c.	26 \pm n.c.	17 \pm n.c.	23 \pm n.c.	n.d.
	Campagne Estive	42 \pm 22	97 \pm 41	26 \pm 11	18 \pm 13	23 \pm 19	116 \pm 25
	Campagne Invernali	61 \pm 37	110 \pm 84	26 \pm 17	27 \pm 14	33 \pm 17	110 \pm 67
MERCURIO	P18 14/0	0,01 \pm n.c.	0,02 \pm n.c.	0,01 \pm n.c.	0,00 \pm n.c.	0,003 \pm n.c.	n.d.
	Campagne Estive	0,02 \pm 0,02	0,02 \pm 0,04	0,01 \pm 0,02	0,01 \pm 0,02	0,02 \pm 0,03	0,002 \pm 0,00002
	Campagne Invernali	0,02 \pm 0,02	0,02 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,02 \pm 0,01

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

	Rateo di deposizione (Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$)	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Diffusore	Ravano
NICKEL	P18 14/0	6 \pm n.c.	15 \pm n.c.	5 \pm n.c.	3 \pm n.c.	6 \pm n.c.	n.d.
	Campagne Estive	7 \pm 3	18 \pm 8	4 \pm 1	3 \pm 2	5 \pm 3	19 \pm 8
	Campagne Invernali	13 \pm 7	22 \pm 15	5 \pm 3	6 \pm 4	6 \pm 2	20 \pm 11
PIOMBO	P18 14/0	11 \pm n.c.	31 \pm n.c.	6 \pm n.c.	4 \pm n.c.	8 \pm n.c.	n.d.
	Campagne Estive	8 \pm 4	25 \pm 23	5 \pm 2	5 \pm 5	8 \pm 4	11 \pm 5,4
	Campagne Invernali	18 \pm 7	20 \pm 16	11 \pm 10	8 \pm 6	5 \pm 2	14 \pm 5
RAME	P18 14/0	20 \pm n.c.	66 \pm n.c.	21 \pm n.c.	6 \pm n.c.	21 \pm n.c.	n.d.
	Campagne Estive	21 \pm 9	66 \pm 23	19 \pm 5	9 \pm 6	33 \pm 31	31 \pm 15
	Campagne Invernali	25 \pm 16	48 \pm 21	22 \pm 15	13 \pm 8	19 \pm 1	29 \pm 8
TALLIO	P18 14/0	0,04 \pm n.c.	0,06 \pm n.c.	0,03 \pm n.c.	0,01 \pm n.c.	0,01 \pm n.c.	n.d.
	Campagne Estive	0,04 \pm 0,05	0,07 \pm 0,11	0,03 \pm 0,05	0,04 \pm 0,05	0,05 \pm 0,07	0,03 \pm 0,015
	Campagne Invernali	0,03 \pm 0,02	0,03 \pm 0,02	0,02 \pm 0,01	0,03 \pm 0,02	0,01 \pm 0,01	0,02 \pm 0,0005
VANADIO	P18 14/0	4 \pm n.c.	9 \pm n.c.	4 \pm n.c.	3 \pm n.c.	4 \pm n.c.	n.d.
	Campagne Estive	5 \pm 3	11 \pm 5	4 \pm 1	4 \pm 2	4 \pm 2	12 \pm 6,2
	Campagne Invernali	8 \pm 3	14 \pm 7	6 \pm 3	6 \pm 2	5 \pm 1	13 \pm 2

Tabella 50 - Confronto rateo di deposizione medio \pm 1dev.st. dei metalli nelle polveri insolubili misurato durante la campagna di bianco (14/0) e nelle campagne estive (14/1, 15/2, 16/2, 17/2, 19/1) e invernali (15/1, 16/1, 17/1 e 19/2). (*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:



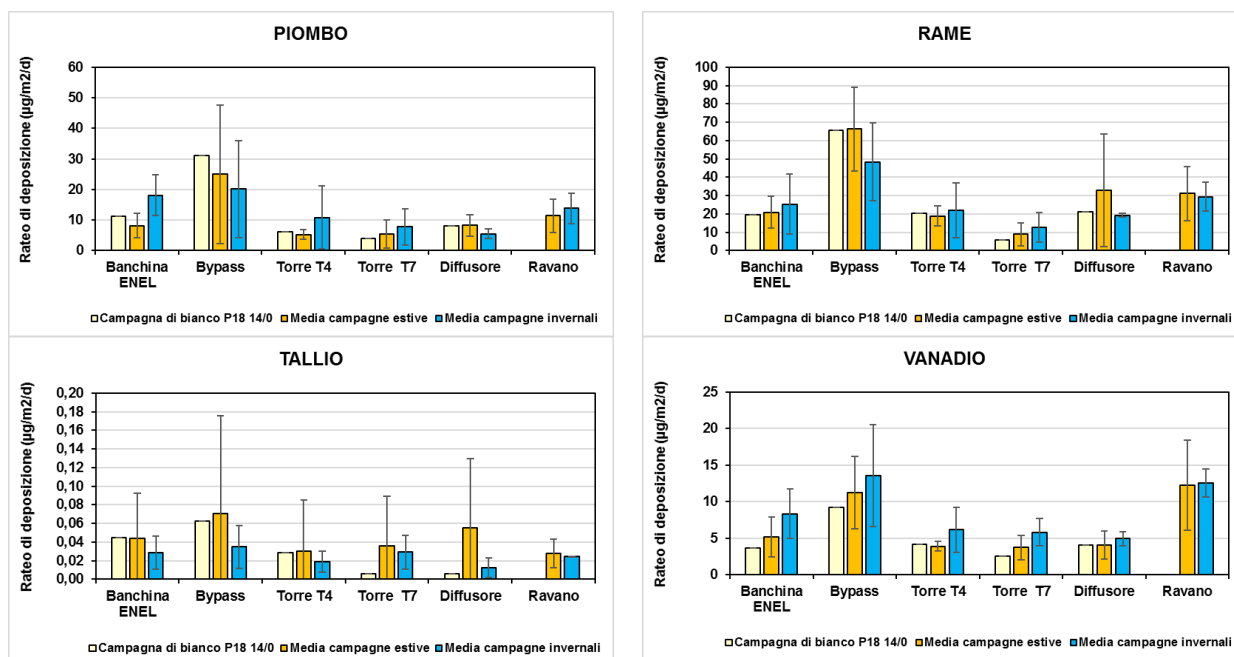


Figura 61 - Confronto rateo di deposizione medio±1dev.st dei metalli nelle polveri insolubili misurato durante la campagna di bianco estiva (14/0) e nei periodi di campagna in estate (14/1, 15/2, 16/2, 17/2, 18/2, 19/1) e inverno (15/1, 16/1, 17/1, 18/1, 19/2). (*Dato anomalo di 1,97 eliminato della campagna P18 17/1).

Si nota una maggiore deposizione nelle campagne invernali rispetto a quelle estive in Banchina ENEL per tutti i metalli (eccetto Cd e Tl) e in tutte le postazioni per i metalli V, Ni, Cr (eccetto Diffusore) e Mn (eccetto Torre T4 e Ravano). I metalli Pb e Cu, che nelle altre postazioni presentano le deposizioni maggiori in inverno rispetto all'estate, a Bypass e Diffusore mostrano i valori medi più elevati in estate. Gli altri metalli (As, Cd, Hg e Tl) invece risultano maggiormente ubiquitari e non si nota un marcato 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.

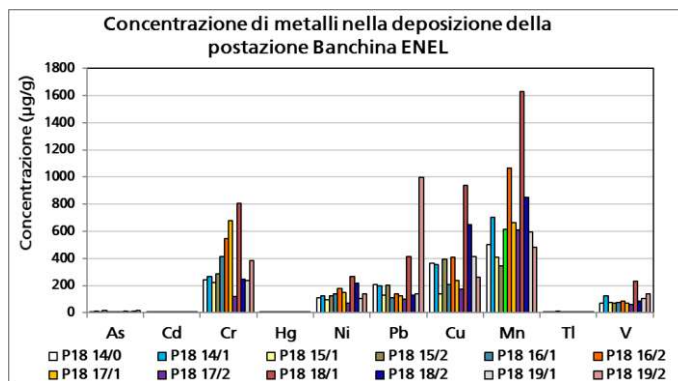


Figura 62 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Banchina ENEL.

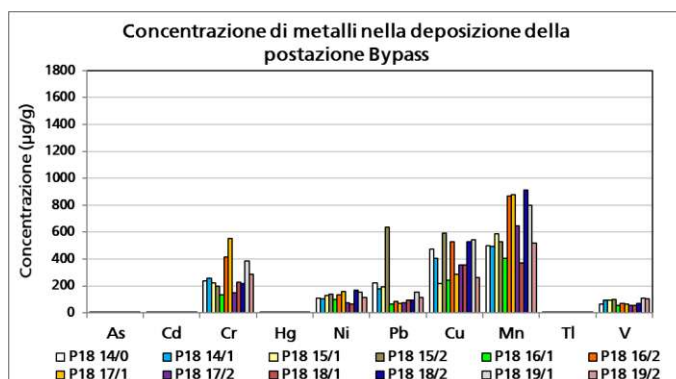


Figura 63 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Bypass.

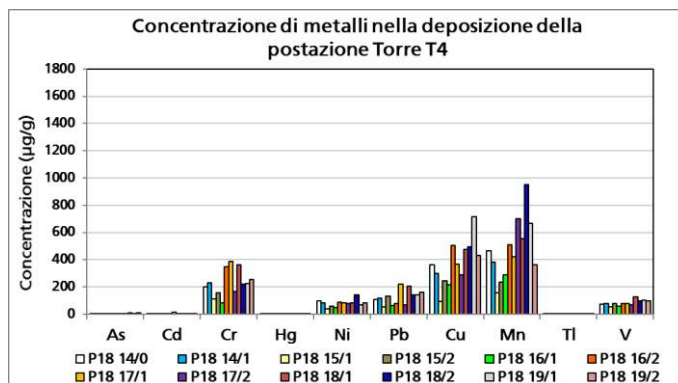


Figura 64 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Torre T4.

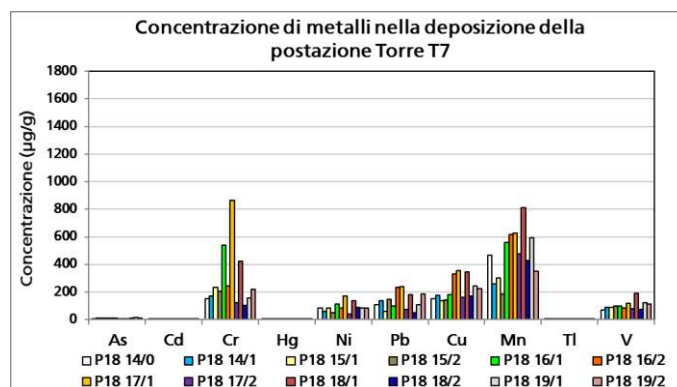


Figura 65 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Torre T7.

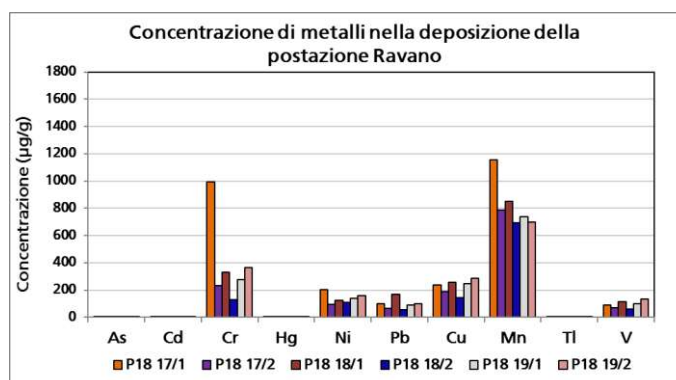


Figura 66 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Ravano.

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_{2.5}, PM₁₀ 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	P18 19/1	P18 19/2
Banchina ENEL	1,9	0,2	<0,1	1,7	0,5	3	0,3	<0,1	4,9	5,9	0,4	0,9
Bypass	0,2*	0,8*	<0,1*	<0,1*	0,7	1	<0,1	<0,1	<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	0,9	<0,1
Torre T7	<0,1	1,3	2,2	1,3	0,3	4	<0,1	3	1,4	11,4	1,0	0,2
Diffusore	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,8	0,2	-	-	-	-	-	-
Ravano	-	-	-	-	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1

Tabella 51 - 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. Durante la campagna estiva **P18 19/1**, caratterizzata da assenza di scarico in Banchina ENEL, il contenuto maggiore di carbone, anche se in misura molto modesta, è stato rilevato nella postazione prossima al carbonile (Torre T7).

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
	P18 19/1	66	9,7	4,6	14,3	2,1
	P18 19/2	28	4,9	1,1	6,0	4,5
	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	
Bypass	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
	P18 19/1	189	20,1	11,8	31,9	1,7
	P18 19/2	85	10,9	3,3	14,2	3,3
	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
Torre T4	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
	P18 19/1	34	5,3	1,3	6,7	4,1
	P18 19/2	33	7,5	1,7	9,2	4,4
	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	
Torre T7	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
	P18 19/1	48	8,1	7,1	15,2	1,1

Postazione	Campagna	polveri	OC	EC	TC	OC/EC
Diffusore	P18 19/2	32	5,2	1,7	6,9	3,1
	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
	P18 19/1	197	25,9	16,2	42,1	1,6
	P18 19/2	82	10,8	2,6	13,4	4,2

Tabella 52 - Deposizione di polveri, carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC). Valori in mg/m²/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 2018 (**P18 15/2** e **P18 18/2**) in quasi tutte le postazioni che dovrebbero essere attribuibili a soli fattori meteo climatici, essendo state eseguite entrambe con 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**.

Le maggiori deposizioni di carbonio totale tuttavia, si osservano in Bypass e Ravano, in accordo con le maggiori deposizioni delle polveri rilevate.

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.

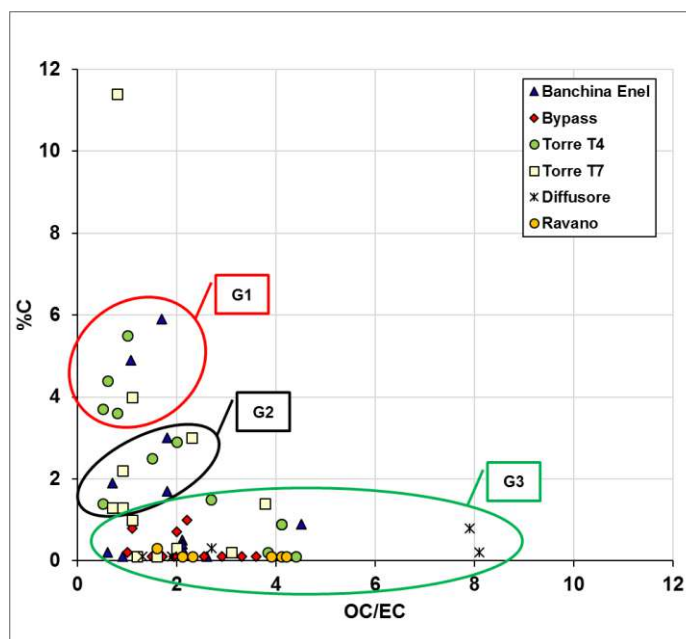


Figura 67 - Scatter plot tra OC/EC e particelle di carbone “(%C)” in ogni postazione.

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 e 2 e da una percentuale di particelle di carbone tra 3.5 e 6, e sono per la maggior parte relativi alla postazione di Torre T4;
- gruppo “G2”, costituito dai punti dati dal rapporto OC/EC compreso tra 0.5 e 2.5 e da una percentuale di particelle di carbone tra 1 e 3, e contiene campioni di deposizione prevalentemente relativi alla postazione di Torre T7, Torre T4 e Banchina ENEL;
- gruppo “G3”, costituito dai punti aventi rapporto OC/EC compreso tra 0.5 e 8.1 e da una quasi totale assenza di particelle di carbone fino ad un massimo rilevato in Torre T4 di 1.5%. Tale gruppo include i campioni di deposizione relativi a tutte le altre postazioni.
- In questi gruppi non rientra il campione di Torre 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

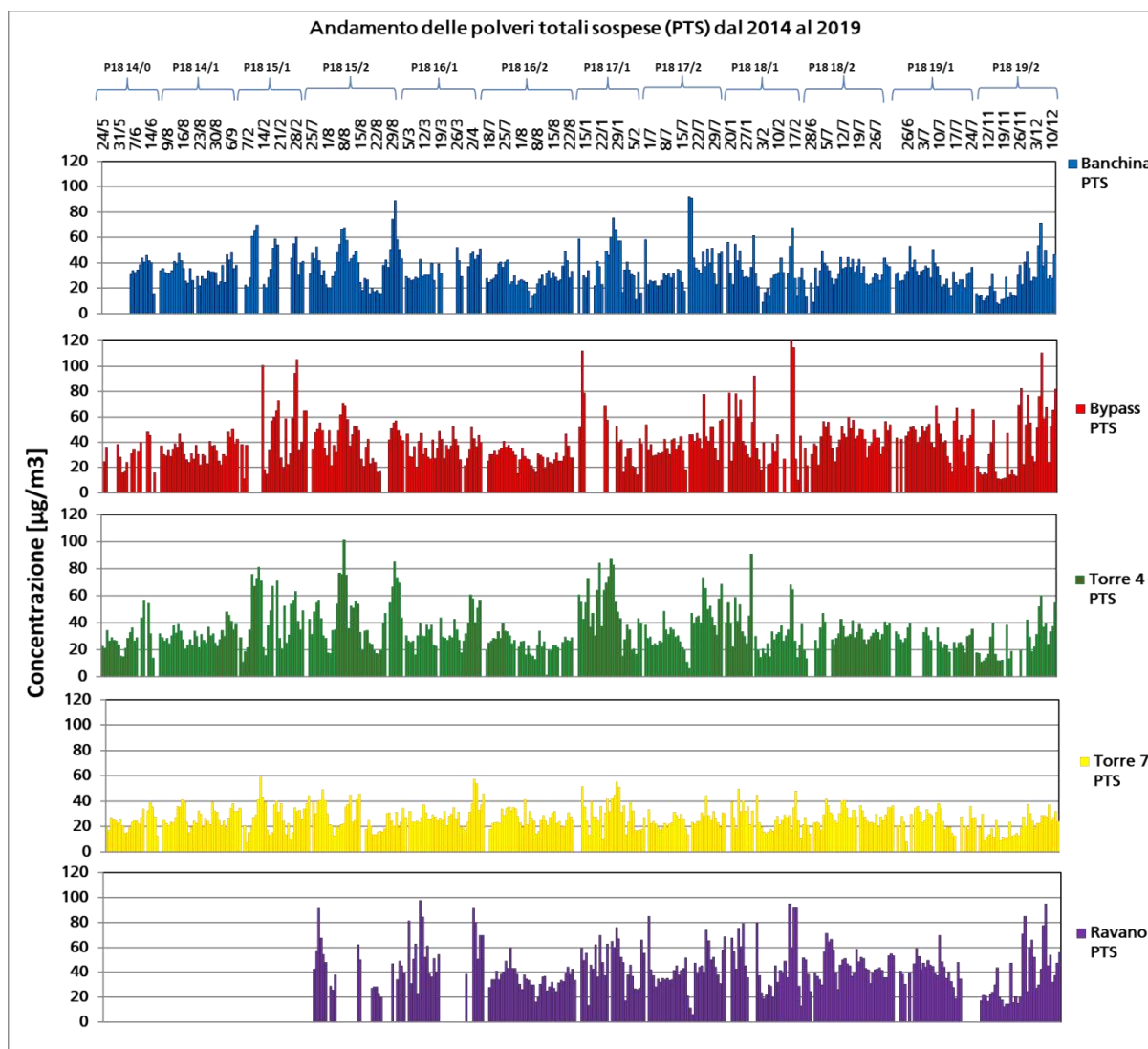


Figura 68 - Andamento delle PTS nelle postazioni di Banchina, Bypass, Torre T4 e Torre T7 e Ravano durante i monitoraggi 2014 - 2019 della Prescrizione 18.

Dalla Figura 68 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 e nella invernale del 2019 soprattutto a Bypass e Ravano;
- 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 ± 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:

		Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
Campagna P18 14/0 (Estate: 28/05 - 15/06/14) Assenza scarico carbone	media \pm dev St	36 \pm 8	31 \pm 11	30 \pm 11	24 \pm 7	-
	minimo	16	16	14	13	-
	massimo	46	48	57	39	-
	mediana	39	32	27	25	-
Campagna P18 14/1 (Estate: 06/08 - 08/09/14) Presenza scarico 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	-
Campagna P18 15/1 (Inverno: 04/02 - 04/03/15) Presenza scarico 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	-
Campagna P18 15/2 (Estate: 24/07 - 02/09/15) Presenza scarico 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
Campagna P18 16/1 (Inverno: 04/03 - 06/04/16) Presenza scarico 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
Campagna P18 16/2 (Estate: 17/07 - 24/08/16) Presenza scarico 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
Campagna P18 17/1 (Inverno: 12/01 - 08/02/17) Presenza scarico 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
Campagna P18 17/2 (Estate: 29/06 - 01/08/17) Presenza scarico 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
Campagna P18 18/1 (Inverno: 18/01 - 22/02/18) Presenza scarico 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
Campagna P18 18/2 (Estate: 28/06 - 01/08/18) Presenza scarico 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
Campagna P18 19/1 (Estate: 20/06 - 24/07/19) Assenza scarico carbone	media \pm dev St	37 \pm 17	41 \pm 11	37 \pm 15	25 \pm 6	42 \pm 15
	minimo	18	18	6	14	6
	massimo	92	78	74	44	85
	mediana	32	41	35	24	41
Campagna P18 19/2 (Inverno: 07/11 - 11/12/19) Presenza scarico carbone	media \pm dev St	26 \pm 15	39 \pm 27	27 \pm 14	21 \pm 8	37 \pm 22
	minimo	7	10	11	9	13
	massimo	71	111	60	38	95
	mediana	26	29	22	20	30

Tabella 53 - Confronto tra i valori medi ± 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:

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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

- tenendo conto dell'elevata dispersione di dati, la concentrazione media 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 fino al 2018, in cui sono risultate piuttosto confrontabili tra le due stagioni; nel 2019 le concentrazioni medie invernali sono risultate inferiori di quelle estive, plausibilmente a causa delle forti precipitazioni occorse analogamente alle deposizioni di polveri;
- 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 48, rimane per lo più costante negli anni fino al 2017.

7.3.1 Contenuto di metalli nelle polveri totali sospese (PTS)

Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati delle concentrazioni medie ± 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 2019. 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 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 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 \pm 1	3 \pm 2	2 \pm 1*	4 \pm 3	3 \pm 1
	18/2	3 \pm 1	4 \pm 2	3 \pm 1	3 \pm 1	4 \pm 1
	19/1	2 \pm 1	3 \pm 1	2 \pm 1	2 \pm 1	2 \pm 1
	19/2	1 \pm 0,2	2 \pm 1	1 \pm 0,2	1 \pm n.c.	2 \pm 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 \pm 5	15 \pm 10	11 \pm 7	7 \pm 4	22 \pm 8
18/2		8 \pm 3	20 \pm 22	10 \pm 10	8 \pm 6	17 \pm 12
19/1		8 \pm 1	14 \pm 1	10 \pm 2	7 \pm 2	13 \pm 2
19/2		4 \pm 2	9 \pm 5	5 \pm 4	2 \pm 1	6 \pm 3
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 \pm 2	6 \pm 3	4 \pm 2*	3 \pm 3	3 \pm 3
	18/2	3 \pm 1	4 \pm 3	3 \pm 3	3 \pm 2	4 \pm 4
	19/1	2 \pm 1	2 \pm 1	2 \pm 1	2 \pm 1	2 \pm 1

Concentrazione media \pm dev.st. di metalli nelle PTS - Campagne P18						
Valori in ng/m ³	Sigla campagna P18	Banchina Enel	Bypass	Torre T4	Torre T7	Ravano
	19/2	2 \pm 1	3 \pm 2	3 \pm 1	2 \pm 1	2 \pm 2
	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	-
Cr	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 \pm 5,4	7 \pm 3	5 \pm 3	5 \pm 2	14 \pm 10
	18/2	4 \pm 1	5 \pm 2	2 \pm 1	2 \pm 1	4 \pm 0,4
	19/1	3 \pm 0,4	4 \pm 1	5 \pm 0,5	2 \pm 0,2	4 \pm 1
	19/2	2 \pm 1	4 \pm 1	3 \pm 2	1 \pm 0,4	3 \pm 1
	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	-
V	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 \pm 0,3	2 \pm 1	1 \pm 1	1 \pm 0,1	2 \pm 1
	18/2	3 \pm 1	4 \pm 2	3 \pm 2	3 \pm 1	4 \pm 2
	19/1	3 \pm 2	4 \pm 2	4 \pm 1	2 \pm 1	3 \pm 2
	19/2	1 \pm n.c.	2 \pm 1	1 \pm 0,2	1 \pm n.c.	1 \pm 0,02

Tabella 54 - 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/m³).

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

- **Nickel:** escludendo il valore elevato misurato in Banchina ENEL (20 ng/m³) durante la campagna di bianco, nelle campagne 2014 - 2019 le concentrazioni medie di Ni sono rimaste comprese normalmente tra 1 e 7 ng/m³ in tutte le postazioni;
- **Manganese:** insieme al Cr è il metallo normalmente maggioritario nelle PTS, ma presenta un'ampia variabilità delle concentrazioni in aria: 1- 29 μ g/m³. Le massime concentrazioni relative si sono avute nella campagna estiva **P18 15/2**;
- **Piombo:** i valori di concentrazione media di Pb sono rimasti compresi tra 1 e 8 ng/m³ 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 2019. 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/m³ e 13 ng/m³), le concentrazioni risultano caratterizzate da una sostanziale stabilità (1 - 6 ng/m³).

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.

Nel Protocollo di attuazione, si è stabilito 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, all'interno del periodo, di includere 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 anche di avere la massima sovrapposizione possibile con due delle 4 campagne previste dalla prescrizione 14, della citata AIA.

Il presente capitolo è diviso in due parti: la prima riporta la sintesi relativa alle attività di monitoraggio del 2019 (par. 8.1), la seconda quella derivante dalla valutazione complessiva del periodo di monitoraggio 2014-19 (par. 8.2).

8.1 Sintesi monitoraggio 2019

Le campagne del 2019, sono state condotte negli stessi punti delle precedenti; le campagne effettuate con la centrale operativa sono state suddivise in:

- estiva **P18 19/1**: dal 20/06/2019 al 24/07/2019;
- invernale **P18 19/2**: dal 07/11/2019 al 12/12/2019.

Solo nella campagna invernale si è avuto scarico da parte di navi carboniere.

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 da parte dei residenti, 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.

Relativamente alle attività di scarico del carbone, le campagne di monitoraggio sono state scarsamente rappresentative delle attività complessive svolte nel 2019, sia dal punto di vista delle quantità di carbone scaricato giornalmente che dei giorni di scarico effettivo. L'attività di scarico infatti non è stata continuativa, ma per il 2019 si è sviluppata in 50 giorni su 365 giorni. Considerando solo le giornate in cui è avvenuto lo scarico, la quantità media giornaliera di carbone scaricato dalle navi non è stata in linea con la quantità scaricata mediamente nell'anno: durante quella estiva non c'è stato scarico mentre durante la campagna invernale **P18 19/2** la media giornaliera è stata circa 1300 t/g da confrontarsi con una media annuale di circa 5122 t/g per giorno di

**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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107



scarico. Come sopra introdotto, lo scarico del carbone non è avvenuto nella campagna **estiva** ed ha riguardato circa nella campagna **invernale** per il 6% del tempo, rispetto ad una percentuale annuale pari al 14%.

Relativamente alle condizioni meteorologiche, nel periodo delle due campagne di monitoraggio, si sono avute sostanziali differenze, in accordo con le differenti stagionalità.

La campagna estiva **P18 19/1** è stata caratterizzata in generale da un clima estivo molto caldo a causa della dominanza anticiclonica di origine africana; si sono registrate tuttavia alcune sporadiche irruzioni più fresche dai quadranti settentrionali, che hanno favorito l'innescio di diversi episodi temporaleschi tra l'8 e il 15 luglio.

La campagna invernale **P18 19/2** è stata caratterizzata da una estrema alternanza e variegati fenomeni meteorologici legati a episodi di intensa ventilazione, mareggiate, grandinate e rovesci temporaleschi. Sullo spezzino, gran parte del mese è stato interessato da frequenti episodi precipitativi associati a valori di cumulata mensile intorno ai 220 mm e picchi di circa 80 mm di cumulata massima giornaliera.

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 del carbone scaricato (assente o scarsamente presente): si sono avuti infatti valori di deposizione inferiori durante la campagna invernale (**P18 19/2**) in quasi tutte le postazioni, a causa probabilmente delle forti precipitazioni occorse.

Il contesto delle deposizioni rimane comunque quantitativamente modesto e a parte le postazioni di Ravano e Bypass nella sola campagna estiva, tutte le altre non eccedono i 100 mg/m²/d. Escludendo le postazioni di Ravano e Bypass, le quali secondo una valutazione conservativa della polverosità, hanno un indice di "bassa" polverosità, nelle altre postazioni, le deposizioni sono state sempre inferiori ai 50 mg/m²/d, dunque molto lontane dai valori guida più restrittivi adottati da alcune nazioni europee e corrispondenti a un indice di polverosità "praticamente assente".

I ratei di deposizione delle polveri misurate continuamente a **Bypass** non risultano correlati con la quantità di carbone movimentato in Banchina ENEL. Il valore medio annuale di 163 mg/m²/d, che comprende tutte le campagne della prescrizione e quelle integrative, colloca tale postazione nella classe di polverosità "bassa".

In tutte le postazioni si sono avute maggiori deposizioni di polveri nella campagna estiva rispetto a quella invernale e si riscontra un andamento abbastanza simile anche per i metalli maggioritari, eccetto che per il Piombo a Banchina ENEL e a T7. Nella postazione di T4 invece, le deposizioni della maggior parte dei metalli sono risultate abbastanza simili tra le due campagne.

L'andamento generale delle deposizioni di metalli è stato quello di una loro diminuzione allontanandosi dalla linea di costa (postazione di Bypass) in direzione di T7, come già rilevato negli anni precedenti. La postazione di Banchina ENEL ha avuto quasi sempre deposizioni di metalli intermedie tra quelle di Bypass e T4. Le deposizioni di Ravano sono risultate paragonabili a quelle di Bypass; queste due postazioni hanno evidenziato, come per le polveri, i ratei dei metalli più elevati.

**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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

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 i metalli vanadio e nickel, presenti nelle emissioni navali, a sottolineare anche per questi monitoraggi, l'influenza del porto commerciale.

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. Inoltre, i ratei più elevati sono risultati a Bypass e a Ravano nella campagna estiva (**P18 19/1**), con valori superiori a quelli riferibili alle aree industriali.

Prendendo come riferimento i valori guida della Germania e considerando ai fini di confronto il **valore massimo** delle deposizioni rilevato nelle differenti postazioni, si può osservare che i ratei riscontrati alla Spezia sono inferiori di circa 3-10 volte per quanto riguarda l'As; 10-100 volte per il Cd; 3-20 volte per il Pb, 80-500 volte per il Hg e 30-200 volte per il Tl, rispetto a quelli della Germania.

Per quanto riguarda il Ni, risulta che si hanno superamenti del valore guida tedesco per le postazioni di Bypass e Ravano: 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 più elevati di concentrazione per tutti i metalli, tranne Cu e Mn, nelle polveri di Banchina ENEL nella campagna invernale **P18 19/2**; in particolare in questa campagna si nota il più alto valore di concentrazione per il Piombo. Nella campagna estiva **P18 19/1**, invece si sono registrate concentrazioni superiori rispetto alla invernale per il Mn in tutte le postazioni, e per il Cu in tutte le postazioni eccetto che a Ravano.

Il contenuto di **OC** e **EC** delle deposizioni atmosferiche del 2019 è risultato maggiore nella campagna estiva **P18 19/1** in tutte le postazioni, in linea dunque con le deposizioni di polveri. In termini di Carbonio Totale (TC) i valori sono rimasti compresi tra il 17 e il 32% nella campagna estiva e tra il 16 ed il 28% nella campagna invernale.

Gli esami condotti in **microscopia elettronica** (SEM) sulle deposizioni, evidenziano che la diffusione di particelle riconducibili al carbone incombusto nelle deposizioni è quantitativamente molto limitata, per lo più circoscritto alla zona di Banchina ENEL e T7 e non eccede l'1% di particelle riconducibili al carbone.

Per quanto riguarda il monitoraggio continuativo a **Bypass**, i ratei medi annuali di deposizioni dei metalli sono risultati inferiori ai valori guida tedeschi ad eccezione di qualche caso anomalo. 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.

In particolare, le concentrazioni massime relative di Cd e Mn registrate nella campagna **P18 19/E** potrebbero essere legate ad un episodio di avvezione Sahariana verificatosi verso il 24 aprile, associato ad un contesto di flusso meridionale.

L'analisi estesa a tutto l'anno associata ai dati di carbone movimentato in Banchina ENEL non evidenzia alcuna correlazione con quest'ultima attività.

Gli esami condotti in microscopia elettronica (SEM) rappresentativi 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 l'1%.

Dall'analisi delle **Polveri Totali Sospese (PTS)** in aria è emerso che i valori medi misurati e l'andamento in tutte le postazioni nelle due campagne sono risultate abbastanza simili, all'interno della deviazione standard, con poche anomalie. Complessivamente gli andamenti di PTS e di PM10 misurato nella postazione di Fossamastra utilizzata nella prescrizione 14, sono risultati abbastanza coerenti in entrambe le campagne, con maggiore concentrazione di PTS. Si nota come gli eventi di precipitazione influenzino particolarmente l'andamento delle polveri più grossolane, portandole allo stesso livello di quelle più fini. Inoltre, si evidenzia la sostanziale confrontabilità, se non equivalenza in taluni casi, tra le concentrazioni del PTS nelle postazioni di Ravano e Bypass, a segnalare la significativa polverosità dell'area di costa.

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 2019 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. I dati dei metalli per il 2019 variano comunque in modo molto contenuto senza la presenza di eventuali dati anomali legati a possibili contaminazioni estemporanee. Si può comunque osservare che i valori massimi giornalieri di ciascun metallo sono stati rilevati quasi sempre nelle postazioni di Ravano e Bypass, fortemente influenzate dal traffico di mezzi pesanti che operano nell'area: tale traffico non è connesso all'esercizio e attività svolte dalla centrale.

8.2 Sintesi e conclusioni del periodo 2014 ÷ 2019

I risultati delle campagne della prescrizione 18 effettuate dal **2014 al 2019** sono stati esaminati nel loro complesso e confrontati con la campagna **P18 14/0** (campagna di bianco estiva) senza scarico e movimentazione di carbone in quanto la centrale non era attiva.

Per quanto riguarda le campagne estive condotte quasi sempre 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 talvolta 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

**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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

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 ENEL (che dal 2017 hanno subito una notevole riduzione in termini quantitativi dell'attività) non si evidenzia alcuna relazione tra queste due variabili: si nota 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 e nel 2019, durante i quali sono stati rilevate deposizioni invernali minori, 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 Banchina ENEL per quasi tutti i metalli e in quasi tutte le postazioni per i metalli V, Ni, Cr e Mn. I metalli Pb e Cu invece, solo a Bypass e a Diffusore, mostrano i valori medi più elevati in estate. Gli altri metalli (As, Cd, Hg e Tl) risultano maggiormente ubiquitari e non si nota un marcato 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.

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 in Banchina ENEL.

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 (T4, T7 e Banchina ENEL).

La **concentrazione media di PTS** in aria nelle campagne invernali è risultata lievemente maggiore che in quelle estive fino al 2018, in cui sono risultate piuttosto confrontabili tra le due stagioni; nel 2019 le concentrazioni medie invernali sono risultate inferiori a quelle estive, plausibilmente a causa delle forti precipitazioni occorse analogamente alle deposizioni di polveri. Si notano, inoltre, dati di polverosità in genere più elevati presso le postazioni di Ravano e Bypass rispetto a tutte le altre, con alcune fluttuazioni che potrebbero dipendere da fattori meteorologici ma scorrelati col quantitativo di carbone movimentato.

Nel 2019 non sono state effettuate le campagne con l'impiego dei campionatori vento selettivi e sostituite con attività di **Source Apportionment (SA)**. Dal 2017, infatti 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 aree non influenzate 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 e inverno (con un totale di circa 400 campioni sui quali è stato effettuato un ampio spettro di determinazioni analitiche), è presentata in un apposito report (prot. ARPAL RU n.° 15590 del 16/06/2020).

Alla luce di quanto sopra, per quanto riguarda i **futuri sviluppi**, si manterrà il monitoraggio continuativo su tutto l'anno presso la postazione di Bypass, e continueranno gli studi per definire i contributi delle varie sorgenti al PM10 in due postazioni della RQA (Fossamastra e Maggiolina). Inoltre, dato che gli andamenti di PTS analizzati nel corso dei diversi anni di monitoraggio sono sempre risultati in linea rispetto a quanto rilevato per il PM10 sul resto della RQA della Spezia, nel 2020 non verranno effettuati i monitoraggi aggiuntivi di questo parametro nelle postazioni di Banchina ENEL, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano; tale attività sarà sostituita con l'implementazione di elaborazioni modellistiche per meglio valutare gli eventuali impatti della centrale ENEL.

**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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

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.

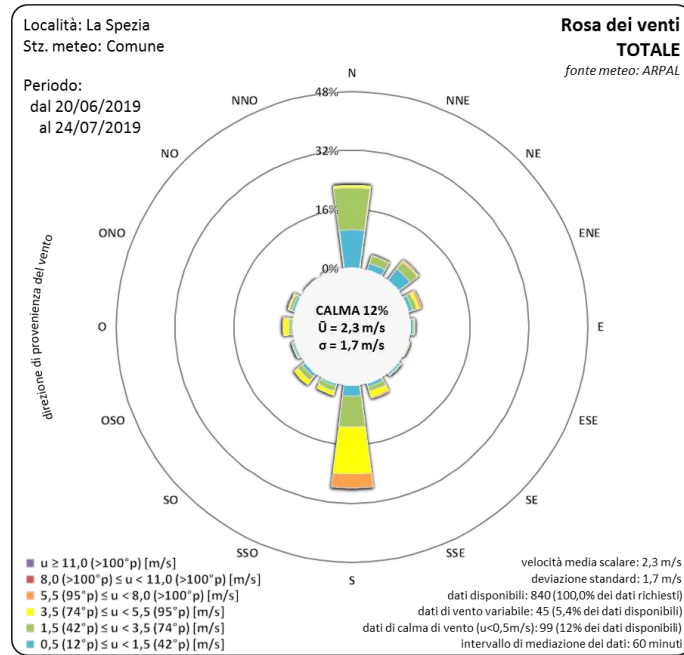
Tsigaridis, et al., 2006. Change in global aerosol composition since preindustrial times", *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 5143–5162.

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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

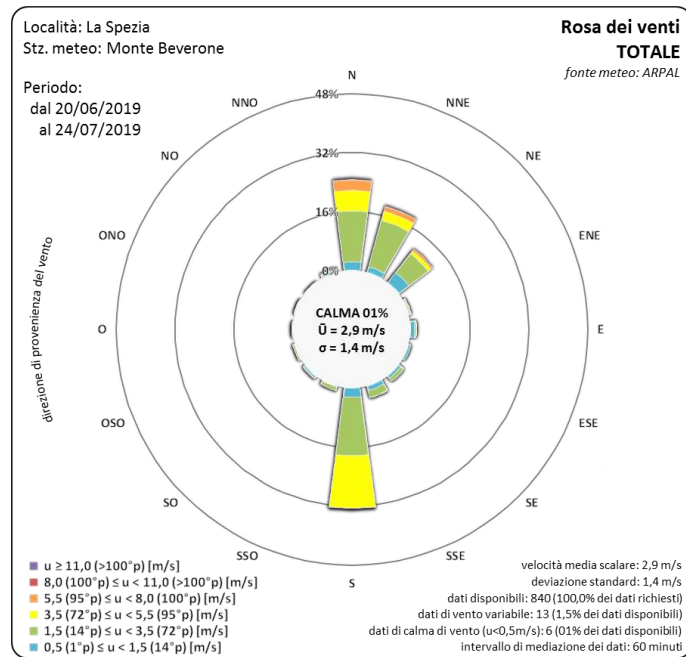


P18 19/1



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	-	10,48%	11,19%	0,60%	0,00%	0,00%	0,00%	22,26%	1,6
NNE	11,25	33,75	-	1,90%	2,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,93%	1,5
NE	33,75	56,25	-	3,93%	2,26%	0,36%	0,12%	0,00%	0,00%	6,67%	1,7
ENE	56,25	78,75	-	0,95%	1,07%	0,95%	0,36%	0,00%	0,00%	3,33%	3,1
E	78,75	101,25	-	0,48%	0,36%	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,95%	2,1
ESE	101,25	123,75	-	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	2,1
SE	123,75	146,25	-	0,48%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,60%	0,9
SSE	146,25	168,75	-	0,83%	1,31%	1,43%	0,48%	0,00%	0,00%	4,05%	3,3
S	168,75	191,25	-	2,74%	8,45%	12,62%	3,93%	0,00%	0,00%	27,74%	3,8
SSO	191,25	213,75	-	0,60%	1,43%	1,07%	0,12%	0,00%	0,00%	3,21%	3,0
SO	213,75	236,25	-	0,95%	1,43%	1,43%	0,00%	0,00%	0,00%	3,81%	2,8
OSO	236,25	258,75	-	0,48%	0,24%	0,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,95%	2,3
O	258,75	281,25	-	0,48%	0,48%	1,55%	0,24%	0,00%	0,00%	2,74%	3,5
ONO	281,25	303,75	-	0,83%	0,60%	0,48%	0,12%	0,00%	0,00%	2,02%	2,3
NO	303,75	326,25	-	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	1,3
NNO	326,25	348,75	-	0,24%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,36%	1,8
VAR	-	-	-	4,88%	0,48%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,36%	0,7
CALM	11,79%	-	-	-	-	-	-	-	-	11,79%	-
TOT	11,79%	-	-	30,36%	31,67%	20,71%	5,48%	0,00%	0,00%	100,00%	2,27

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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107



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	-	2,14%	13,93%	5,71%	2,50%	0,36%	0,00%	24,64%	3,3
NNE	11,25	33,75	-	1,31%	13,33%	2,50%	1,19%	0,12%	0,00%	18,45%	2,9
NE	33,75	56,25	-	3,21%	6,79%	0,83%	0,48%	0,00%	0,00%	11,31%	2,3
ENE	56,25	78,75	-	0,00%	0,48%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,48%	2,1
E	78,75	101,25	-	0,83%	0,48%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,31%	1,4
ESE	101,25	123,75	-	0,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,36%	0,9
SE	123,75	146,25	-	0,48%	1,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,55%	1,7
SSE	146,25	168,75	-	0,95%	2,02%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	3,10%	1,9
S	168,75	191,25	-	2,26%	15,71%	14,52%	0,00%	0,00%	0,00%	32,50%	3,2
SSO	191,25	213,75	-	0,00%	0,95%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	1,07%	2,6
SO	213,75	236,25	-	0,48%	0,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,71%	1,5
OSO	236,25	258,75	-	0,00%	0,60%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,60%	2,5
O	258,75	281,25	-	0,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,24%	0,8
ONO	281,25	303,75	-	0,00%	0,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,24%	1,8
NO	303,75	326,25	-	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	1,8
NNO	326,25	348,75	-	0,48%	0,48%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	1,07%	1,8
VAR	-	-	-	0,95%	0,60%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,55%	1,4
CALM	0,71%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,71%	-
TOT	0,71%	-	-	13,69%	57,02%	23,93%	4,17%	0,48%	0,00%	100,00%	2,86

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

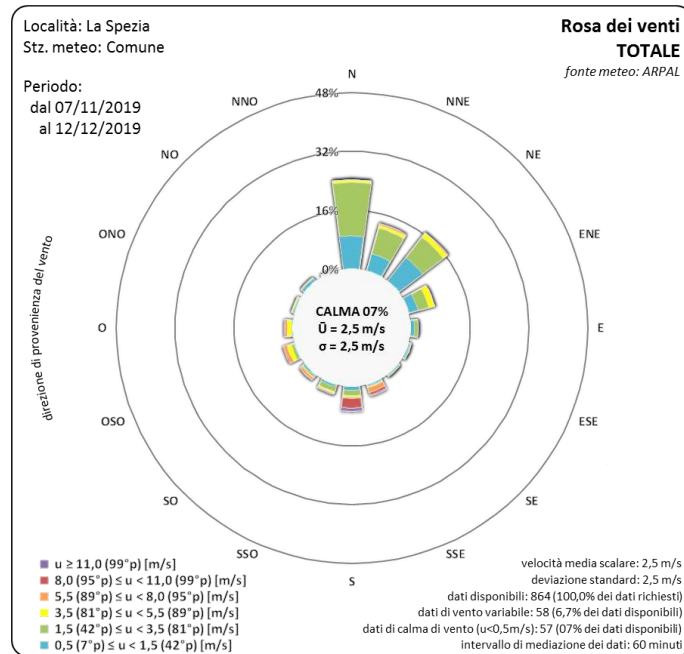
Via Bombrini 8, 16149 Genova
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



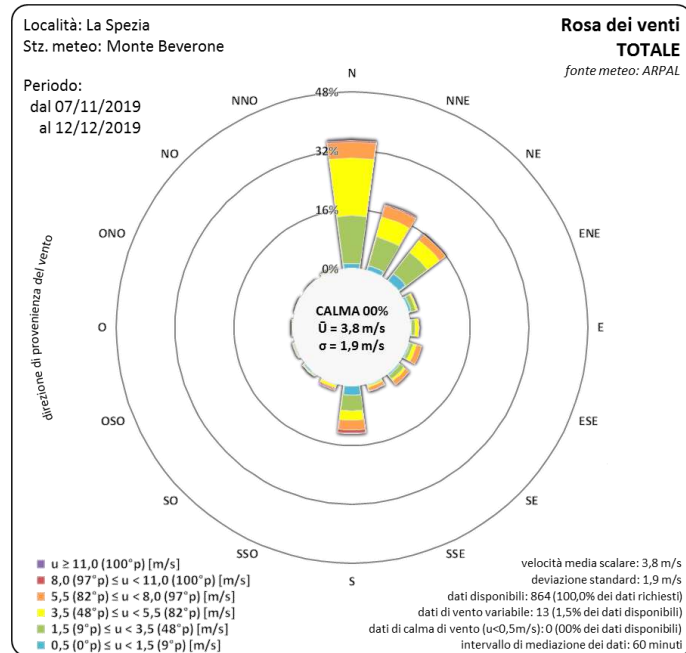
CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
BS OHSAS 18001

P18 19/2



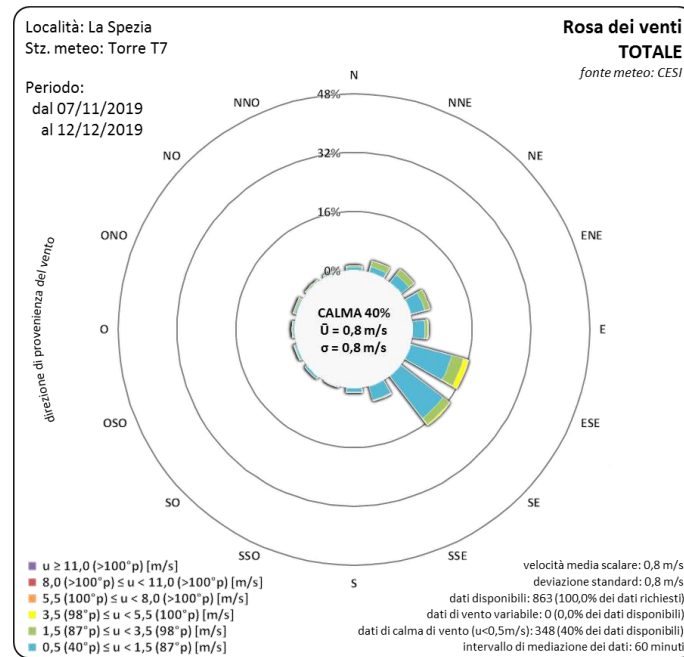
16 SETTORI			CLASSI [m/s]							TOT	V. MED. SCALARE
ID	da	a	CAL	0,5≤u<1,5	1,5≤u<3,5	3,5≤u<5,5	5,5≤u<8	8≤u<11	u≥11		
N	348,75	11,25	-	9,03%	14,58%	0,58%	0,00%	0,00%	0,00%	24,19%	1,8
NNE	11,25	33,75	-	4,86%	7,29%	0,81%	0,35%	0,00%	0,00%	13,31%	1,9
NE	33,75	56,25	-	8,10%	7,06%	1,27%	0,23%	0,00%	0,00%	16,67%	1,8
ENE	56,25	78,75	-	2,55%	3,13%	1,50%	0,00%	0,00%	0,00%	7,18%	2,2
E	78,75	101,25	-	0,93%	1,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,97%	1,7
ESE	101,25	123,75	-	0,35%	0,23%	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,69%	2,5
SE	123,75	146,25	-	0,23%	0,12%	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,46%	2,6
SSE	146,25	168,75	-	0,35%	0,00%	0,23%	1,50%	0,81%	0,23%	3,13%	6,8
S	168,75	191,25	-	0,93%	1,27%	0,46%	0,46%	2,66%	0,81%	6,60%	7,1
SSO	191,25	213,75	-	0,58%	1,16%	0,35%	0,23%	0,23%	0,12%	2,66%	3,8
SO	213,75	236,25	-	0,35%	0,46%	0,00%	0,93%	0,00%	0,00%	1,74%	3,8
OSO	236,25	258,75	-	0,12%	0,93%	0,93%	1,16%	0,12%	0,00%	3,24%	4,7
O	258,75	281,25	-	0,12%	0,12%	1,16%	0,69%	0,12%	0,00%	2,20%	5,3
ONO	281,25	303,75	-	0,35%	0,23%	0,12%	0,12%	0,00%	0,00%	0,81%	2,5
NO	303,75	326,25	-	0,81%	0,46%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,27%	1,3
NNO	326,25	348,75	-	0,12%	0,35%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	2,2
VAR			-	6,02%	0,58%	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	6,71%	0,9
CALM			6,60%	-	-	-	-	-	-	6,60%	-
TOT			6,60%	35,76%	39,00%	7,52%	6,02%	3,94%	1,16%	100,00%	2,45

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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107



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%	13,19%	15,63%	4,28%	0,46%	0,00%	34,72%	3,9
NNE	11,25	33,75	-	1,16%	8,33%	5,67%	3,01%	0,35%	0,00%	18,52%	3,7
NE	33,75	56,25	-	2,31%	7,29%	4,28%	1,85%	0,12%	0,00%	15,86%	3,2
ENE	56,25	78,75	-	0,58%	1,16%	0,58%	0,12%	0,00%	0,00%	2,43%	2,7
E	78,75	101,25	-	0,12%	0,81%	1,16%	0,00%	0,00%	0,00%	2,08%	3,5
ESE	101,25	123,75	-	0,23%	0,81%	1,16%	1,27%	0,00%	0,00%	3,47%	4,7
SE	123,75	146,25	-	0,23%	1,27%	0,81%	1,04%	0,12%	0,12%	3,59%	4,5
SSE	146,25	168,75	-	0,00%	0,35%	0,46%	0,81%	0,23%	0,00%	1,85%	5,8
S	168,75	191,25	-	2,20%	4,40%	2,55%	2,55%	0,93%	0,12%	12,73%	4,0
SSO	191,25	213,75	-	0,00%	0,12%	0,69%	0,23%	0,46%	0,00%	1,50%	5,6
SO	213,75	236,25	-	0,35%	0,12%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	1,8
OSO	236,25	258,75	-	0,23%	0,00%	0,12%	0,12%	0,00%	0,00%	0,46%	3,2
O	258,75	281,25	-	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	3,4
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%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
NNO	326,25	348,75	-	0,12%	0,23%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	3,3
VAR	-	-	-	0,46%	0,69%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	1,50%	2,1
CALM	0,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00%	-
TOT	0,00%	-	-	9,14%	38,89%	33,80%	15,28%	2,66%	0,23%	100,00%	3,77

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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107



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	-	0,93%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,04%	1,1
NNE	11,25	33,75	-	1,62%	1,39%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,01%	1,4
NE	33,75	56,25	-	2,78%	1,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,29%	1,3
ENE	56,25	78,75	-	3,82%	1,27%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,10%	1,2
E	78,75	101,25	-	3,24%	0,58%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	4,06%	1,2
ESE	101,25	123,75	-	11,47%	3,13%	1,27%	0,12%	0,00%	0,00%	15,99%	1,4
SE	123,75	146,25	-	14,37%	2,09%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	16,57%	1,0
SSE	146,25	168,75	-	3,82%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,94%	0,8
S	168,75	191,25	-	1,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,04%	0,7
SSO	191,25	213,75	-	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	0,7
SO	213,75	236,25	-	0,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,70%	0,8
OSO	236,25	258,75	-	0,58%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,81%	1,0
O	258,75	281,25	-	0,46%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,81%	1,2
ONO	281,25	303,75	-	0,58%	0,46%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,04%	1,4
NO	303,75	326,25	-	0,35%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	1,2
NNO	326,25	348,75	-	0,46%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	1,3
VAR			-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
CALM			40,32%	-	-	-	-	-	-	40,32%	-
TOT			40,32%	46,35%	11,59%	1,62%	0,12%	0,00%	0,00%	100,00%	0,84

**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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

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.liguria.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 19/1**, dal 20 giugno al 24 luglio 2019.

Giorno	Precipitazione Cumulata Giornaliera		
	Comune della Spezia	La Foce - Monteviseggi	Fornola
20/06/2019	0	0	0
21/06/2019	0	0	0
22/06/2019	4	6,8	4,6
23/06/2019	0	0	0
24/06/2019	0	0	0
25/06/2019	0	0	0
26/06/2019	0	0	0
27/06/2019	0	0	0
28/06/2019	0	0	0
29/06/2019	0	0	0
30/06/2019	0	0	0
01/07/2019	0	0	0
02/07/2019	0	0	0
03/07/2019	0	0	0
04/07/2019	0	0	0
05/07/2019	0	0	0
06/07/2019	0	0	0
07/07/2019	15,6	13,4	15,8
08/07/2019	0	0	0
09/07/2019	0	0,2	0
10/07/2019	0	0	0
11/07/2019	0	0	0
12/07/2019	0	0	0
13/07/2019	0	0	0
14/07/2019	0,8	1	0,4
15/07/2019	28,4	39,2	31,8
16/07/2019	0	0	0
17/07/2019	0	0	0
18/07/2019	0	0	0
19/07/2019	0	0	0
20/07/2019	0	0	0
21/07/2019	0	0	0
22/07/2019	0	0	0
23/07/2019	0	0	0
24/07/2019	0	0	0

Campagna **P18 19/2**, dal 07 novembre al 12 dicembre 2019.

Precipitazione Cumulata Giornaliera			
Giorno	Comune della Spezia	La Foce - Monteviseggi	Fornola
07/11/2019	13,2	18,8	11,8
08/11/2019	34	32	35,8
09/11/2019	1	3	2,8
10/11/2019	0	0,2	0,2
11/11/2019	10,8	18,6	8,2
12/11/2019	1,2	2,2	2,8
13/11/2019	0	0	0,4
14/11/2019	0,6	2,2	0,6
15/11/2019	24	41,2	33,4
16/11/2019	15,6	21	21,2
17/11/2019	12,2	16,2	8,2
18/11/2019	40	48,2	48,4
19/11/2019	22,4	32,8	21,6
20/11/2019	0	4,2	7
21/11/2019	0	6	14,4
22/11/2019	0	16,4	14,4
23/11/2019	23,6	49,4	36,2
24/11/2019	6,4	14	9,2
25/11/2019	0	0	0
26/11/2019	0,2	0,6	1,2
27/11/2019	14,4	24,8	20
28/11/2019	0,2	0,4	0,8
29/11/2019	0,2	0	0,6
30/11/2019	0	0,2	0,2
01/12/2019	5,8	11	6,2
02/12/2019	7	18,4	8
03/12/2019	0	0	0
04/12/2019	0	0	0
05/12/2019	0	0	0
06/12/2019	0,4	1,6	1,8
07/12/2019	0,4	1,8	0,2
08/12/2019	0,8	3,4	1,8
09/12/2019	2,2	2,4	3
10/12/2019	0	0	0,2
11/12/2019	0,4	1,2	0,6

**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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



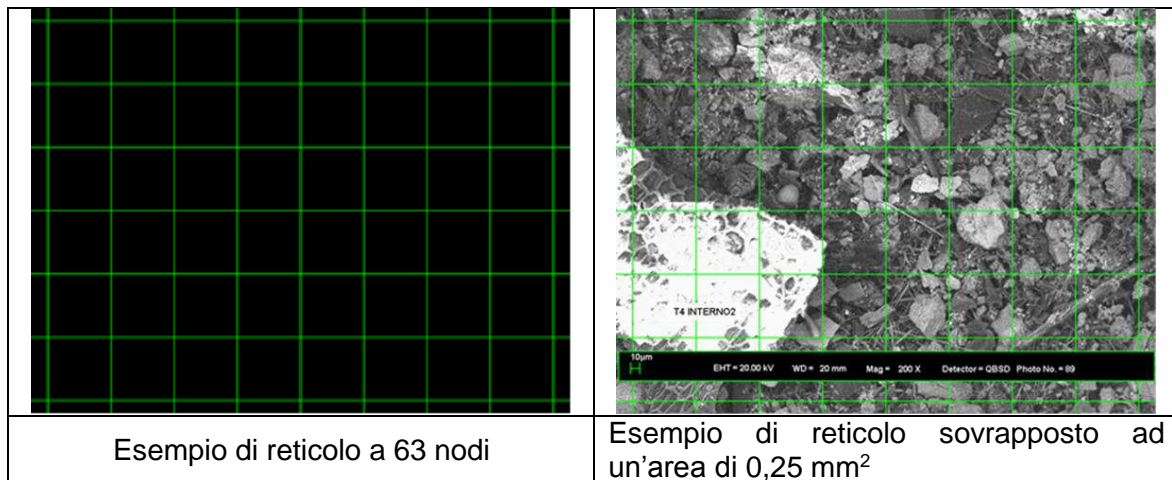
APPENDICE 3 – MODALITÀ OPERATIVA UTILIZZATA PER ANALISI AL SEM

**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.liguria.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 quarto¹ da destinare alle indagini in SEM;
- lungo la bisettrice di ciascun quarto di filtro si selezionano tre aree di 1 mm² 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 mm² sono richieste 4 singole letture di un'area pari a 0,25 mm²;
- per effettuare il conteggio delle particelle di carbone ciascuna area di 0,25 mm² 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 mm² come mostrato nella figura che segue:

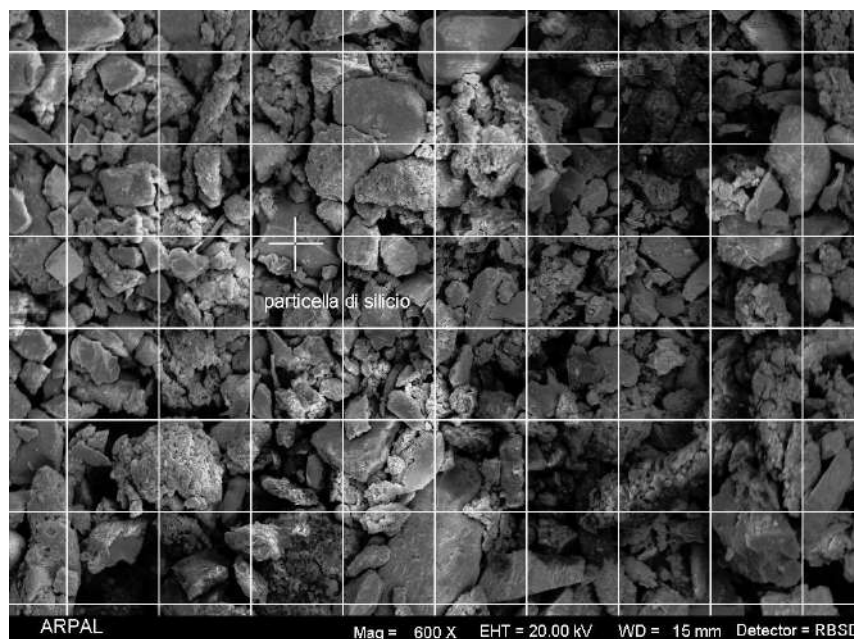
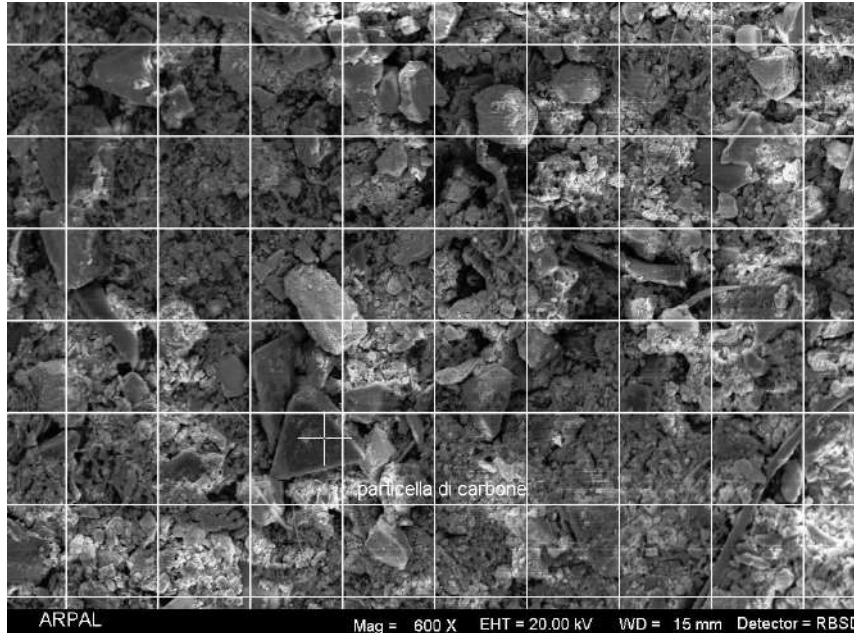


- si procede al conteggio del numero di nodi che cadono all'interno o al bordo di una particella di carbone individuata dallo spettro di microanalisi e dalla morfologia. Come criterio si è adottato il seguente: nel caso di nodi che cadevano all'interno di una particella si è conteggiato un valore di 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 mm² 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.

¹ 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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

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

Campagna **P18 19/1**, dal 20 giugno al 24 luglio 2019.

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	20/06/2019	-	-	-	20,7	-
ven	21/06/2019	30,9	43,4	33,5	-	40,9
sab	22/06/2019	32,4	-	31,3	28,3	38,5
dom	23/06/2019	25,5	42,2	27,7	23,4	30,3
lun	24/06/2019	26,1	-	25,9	8,2	-
mar	25/06/2019	30,1	44,9	28,8	-	39,3
mer	26/06/2019	33,4	48,3	36,4	29,7	-
gio	27/06/2019	52,9	51,8	39,1	-	47,0
ven	28/06/2019	36,6	52,1	-	34,6	59,1
sab	29/06/2019	42,3	49,4	-	35,9	52,4
dom	30/06/2019	33,5	39,7	-	31,0	42,2
lun	01/07/2019	29,6	43,8	-	23,1	47,2
mar	02/07/2019	33,3	52,6	-	24,8	44,4
mer	03/07/2019	34,4	48,7	33,1	33,4	49,3
gio	04/07/2019	37,4	51,8	36,2	30,3	46,0
ven	05/07/2019	35,7	54,3	30,7	28,6	44,9
sab	06/07/2019	28,2	39,7	27,1	-	39,0
dom	07/07/2019	50,4	36,2	-	31,0	37,3
lun	08/07/2019	39,7	68,4	-	38,1	69,8
mar	09/07/2019	37,1	54,6	36,3	33,7	48,2
mer	10/07/2019	29,6	46,3	26,3	23,9	44,1
gio	11/07/2019	20,8	39,8	21,5	17,6	35,3
ven	12/07/2019	23,1	41,1	24,3	19,5	40,7
sab	13/07/2019	27,2	28,9	23,8	19,4	32,7
dom	14/07/2019	20,0	23,6	18,2	14,7	27,9
lun	15/07/2019	13,7	16,5	-	12,7	18,5
mar	16/07/2019	32,6	57,1	25,9	-	48,1
mer	17/07/2019	24,5	67,0	21,1	-	34,4
gio	18/07/2019	22,3	41,9	25,3	27,6	-
ven	19/07/2019	26,3	45,5	25,7	-	-
sab	20/07/2019	26,5	31,9	22,6	20,5	-
dom	21/07/2019	20,3	21,3	18,1	17,9	-
lun	22/07/2019	31,0	43,0	30,1	35,7	-
mar	23/07/2019	32,4	45,2	30,9	26,7	-
mer	24/07/2019	36,5	65,9	35,5	27,2	-

Campagna P18 19/2, dal 07 novembre al 11 dicembre 2019.

Giorno settimana	Data	Banchina PTS [µg/m ³]	Bypass PTS [µg/m ³]	Torre 4 PTS [µg/m ³]	Torre 7 PTS [µg/m ³]	Ravano PTS [µg/m ³]
gio	07/11/2019	15,4	20,8	17,7	19,5	17,2
ven	08/11/2019	13,3	15,7	17,4	29,7	21,3
sab	09/11/2019	13,9	14,1	11,0	9,7	21,1
dom	10/11/2019	10,1	15,8	12,0	11,5	16,7
lun	11/11/2019	11,9	14,9	13,9	13,7	22,2
mar	12/11/2019	13,6	30,3	17,0	18,1	24,2
mer	13/11/2019	21,1	39,6	29,4	11,5	30,0
gio	14/11/2019	30,4	57,2	39,6	25,4	43,7
ven	15/11/2019	17,9	16,5	16,9	18,5	19,6
sab	16/11/2019	8,3	11,1	12,1	9,4	17,8
dom	17/11/2019	7,1	10,3	12,1	11,3	12,5
lun	18/11/2019	10,9	11,3	12,3	11,1	14,7
mar	19/11/2019	11,4	11,4	0,3	11,4	14,6
mer	20/11/2019	28,6	47,1	38,4	23,5	47,2
gio	21/11/2019	12,6	14,0	13,3	11,8	15,7
ven	22/11/2019	16,4	18,4	19,0	13,1	20,5
sab	23/11/2019	14,8	14,4	-	14,7	14,9
dom	24/11/2019	13,5	13,2	-	12,5	19,7
lun	25/11/2019	30,1	68,8	-	18,6	70,8
mar	26/11/2019	37,9	82,2	19,8	27,4	84,7
mer	27/11/2019	22,9	22,6	1,0	20,1	24,5
gio	28/11/2019	40,5	53,6		37,6	60,2
ven	29/11/2019	48,4	77,5	42,2	30,1	65,8
sab	30/11/2019	36,0	55,5	29,6	24,3	52,3
dom	01/12/2019	25,7	29,0	18,6	18,9	27,2
lun	02/12/2019	28,4	24,5	22,3	22,4	29,9
mar	03/12/2019	28,4	51,3	31,6	22,5	42,3
mer	04/12/2019	53,6	76,4	52,1	28,8	77,5
gio	05/12/2019	71,4	110,8	60,1	28,5	95,2
ven	06/12/2019	37,3	58,3	36,6	27,5	45,0
sab	07/12/2019	50,0	67,4	39,4	36,9	53,6
dom	08/12/2019	26,9	24,3	24,3	25,5	31,8
lun	09/12/2019	29,7	52,8	33,3	27,0	37,1
mar	10/12/2019	27,8	65,4	37,5	32,0	47,4
mer	11/12/2019	46,5	81,9	54,7	23,7	55,6

**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.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



APPENDICE 5 –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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

TRANSITO DI VEICOLI NELLA ZONA DI FOSSAMAISTRA

Durante il periodo delle campagne stagionali, sono state installate due strumentazioni per misurare il numero di transiti di veicoli (contatraffico) nella zona della Banchina Enel e nei pressi della Darsena. La rilevazione del numero di transiti di veicoli è prevista dal protocollo della Prescrizione 18 e non dalla 14; quando possibile la rilevazione è stata effettuata per tutte le campagne. Nella figura che segue è riportata l'ubicazione degli strumenti che sono stati denominati:

- contatraffico 1: Aurelia 1A, posizionato in Banchina ENEL;
- contatraffico 2: Darsena, posizionato in via delle Casermette.

L'ubicazione dei contatraffico è mostrata nella figura seguente:

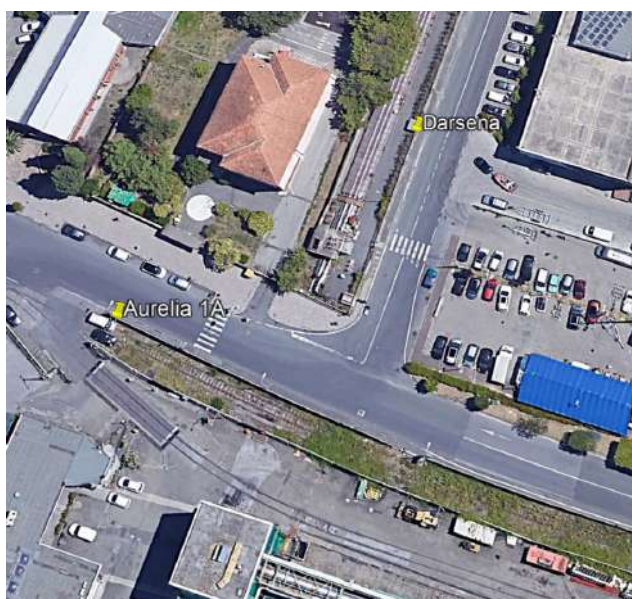


Figura 1 - Ubicazione dei contatraffico durante le campagne del 2019.

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 per giorno della settimana dei veicoli nelle campagne del 2019:

AURELIA 1A - 19/1 - Estate 2019 - 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	4551	348	5405	387	9956	735	10690
martedì	5	4696	380	5695	460	10391	839	11230
mercoledì	5	5164	372	6127	459	11291	832	12123
giovedì	5	4823	400	6138	500	10961	899	11861
venerdì	5	4952	498	5909	540	10861	1038	11899
sabato	5	4435	202	5344	287	9779	489	10268
domenica	5	3283	140	4174	187	7457	327	7783

AURELIA 1A - 19/2 - Inverno 2019 - Media dei 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	3745	383	4212	482	7956	865	8821
martedì	4	3960	381	4557	446	8517	827	9344
mercoledì	4	3706	362	4395	432	8100	794	8894
giovedì	5	3236	332	3867	341	7103	673	7777
venerdì	4	3713	449	4327	481	8040	929	8969
sabato	4	2585	209	3104	246	5688	455	6143
domenica	3	2007	65	2338	95	4344	160	4504

DARSENA - 19/1 - Estate 2019 - 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	3	671	220	690	179	1361	398	1759
martedì	4	657	231	658	198	1315	429	1744
mercoledì	3	786	296	839	239	1625	535	2160
giovedì	4	644	277	706	220	1350	498	1848
venerdì	4	662	351	778	240	1441	591	2032
sabato	4	333	110	386	96	719	206	925
domenica	4	157	68	184	64	341	131	472

DARSENA - 19/2 - Inverno 2019 - 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	1	1308	459	1216	377	2524	836	3360
martedì	2	477	170	404	133	880	303	1183
mercoledì	3	220	69	198	46	418	115	533
giovedì	3	15	96	15	96	29	192	221
venerdì	1	1106	572	1087	474	2193	1046	3239
sabato	1	497	83	407	66	904	149	1053
domenica	1	323	25	240	24	563	49	612

I transiti di veicoli nella zona di Fossamastra nel 2019 sono risultati comparabili con quelli degli anni precedenti.

APPENDICE 6

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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107



Postazione	FOSSAMAISTRA BYPASS - FS
Tipologia	industriale urbana
Coordinate-quota	44° 6'18.11"N - 9°51'26.07"E - 2 m slm
Parametri monitorati (*)	metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche
Parametri monitorati (**)	metalli – EC/OC – Presenza Carbone con SEM-PTS



Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è posto in corrispondenza del sistema di bypass di Viale San Bartolomeo della linea di movimentazione del carbone, a circa 15 m dal centro dell'incrocio tra via Privata Enel e Viale S. Bartolomeo in una zona caratterizzata da intenso traffico veicolare, soprattutto di mezzi pesanti.

In direzione N – NE, a circa 10 m, è presente un edificio alto poco meno di 10 m ed alcuni alberi ad alto fusto, questi ultimi comunque fuori dal cono di possibile influenza.

Nel raggio di circa 200 m si segnalano varie attività, le principali: movimentazione container e carbone (con attracco di navi mercantili) darsena con attività di cantieristica; la maggior parte dei terreni in questo raggio risultano asfaltati.

A circa 25 m direzione N è presente la postazione RQA di Fossamastra.

Si segnala che nelle campagne 2014-2015 il deposimetro di Fossamastra era posizionato a circa 6 metri di altezza sul tetto del fabbricato in cemento (a partire dal 2016 denominato **Fossamastra-ALTO**)

A partire dalle campagne del 2016 si è deciso, per uniformità con i deposimetri delle altre postazioni, di posizionare un ulteriore deposimetro a circa 2 m di altezza (denominato **Fossamastra-BASSO**) e di utilizzare, a partire dall'anno sopracitato, questo deposimetro per le valutazioni nell'ambito delle attività relative alle Prescrizioni 14 e 18.



	marca	modello	S/N	note
Deposimetro organici (*)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in Pirex
Deposimetro in-organici (*)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
Deposimetro in-organici (**)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
Campionatore PTS (**)	TECORA			
Conta-traffico (**)	-	-	-	su v.le S. Bartolomeo e su via Privata ENEL

(*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

Postazione	BANCHINA ENEL – BE
Tipologia	industriale urbana
Coordinate-quota	44° 6'15.80"N - 9°51'23.40"E - 2 m slm
Parametri monitorati (**)	metalli – EC/OC – Presenza Carbone con SEM - PTS



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
Deposimetro in-organici (**)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
Campionatore PTS (**)	TECORA			ARPAL

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

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

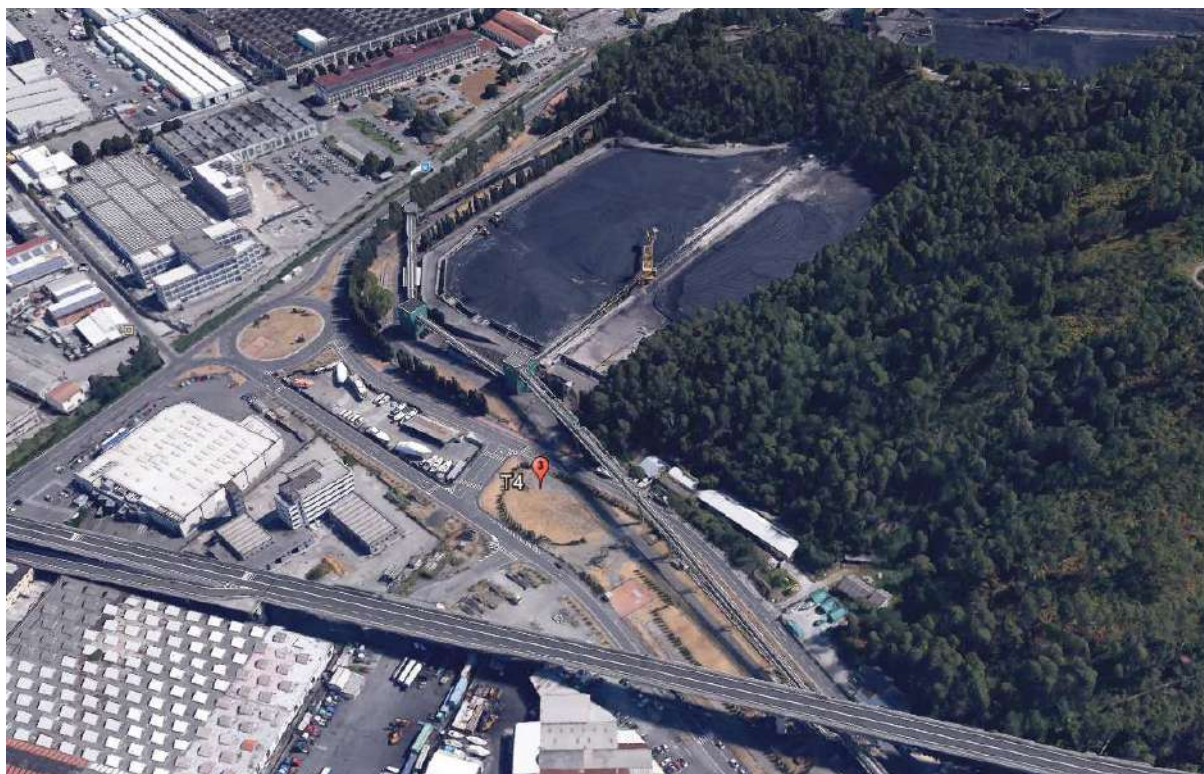


Note caratteristiche del sito

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
Deposimetro in-organici (**)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
Campionatore PTS (**)	TECORA			
Temperatura aria ¹	LASTEM	-	-	
Velocità e direzione vento ¹	LASTEM	-	-	rilevato a 4 m

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

¹ dati acquisiti a partire da agosto 2015

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



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
Deposimetro in-organici (**)	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
Campionatore PTS (**)	TECORA			
Temperatura aria	LASTEM	-	-	
Velocità e direzione vento	LASTEM	-	-	rilevato a 4 m

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

Postazione	RAVANO – RA
Tipologia	industriale urbana
Coordinate-quota	44° 6'30.29"N - 9°51'19.79"E - 2 m slm
Parametri monitorati (**)	metalli –EC/OC – Presenza Carbone con SEM-PTS

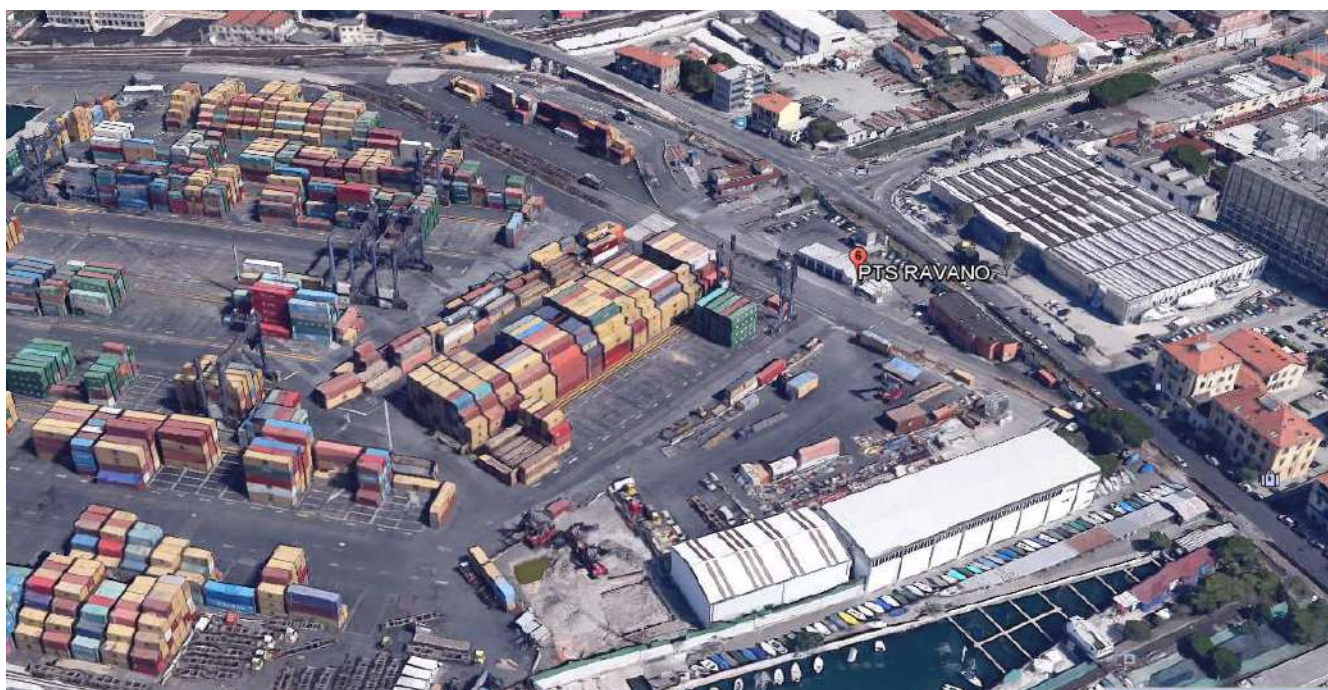


Note caratteristiche del sito

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
Campionatore PTS (**)	TECORA			
Deposimetro in-organici (*)	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.liguria.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 2019 (vedi cap. 5 per dettagli) sono stati raccolti 12 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 19/1** - postazioni di Bypass, Torre T4 e Torre T7;
 - campagna **P18 19/2** - postazioni di Bypass (2 campioni) e Ravano (2 campioni);
- Complessivamente sono stati controllati 7 campioni di deposizione su un totale di 12 (58%) 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	7	0	7	100%
Cromo Totale	7	0	7	100%
Piombo	7	0	7	100%
Rame	7	0	7	100%
Arsenico	3	4	7	43%
Vanadio	7	0	7	100%
Manganese	7	0	7	100%
Tallio	7	0	7	100%
Nichel	7	0	7	100%
TOTALE	59	4	63	94%

L'indice di validazione conclusivo, che è dato dalla media delle percentuali di conformità di ogni singolo parametro, risulta pari a 94% e dunque maggiore del valore soglia prefissato dal protocollo ARPAL, pari al 70%.

CONCLUSIONI

Come risulta dalla tabella sopra riportata la percentuale di conformità complessiva è del 94%, ampiamente superiore al valore soglia del 70% previsto dalla procedura ARPAL. Solo per l'Arsenico il valore è inferiore al valore soglia ma le concentrazioni rilevate sono molto basse e spesso vicine al limite di quantificazione e, in questo caso, una piccola differenza di concentrazione può dar luogo ad un grande errore percentuale. I dati utilizzati nel rapporto sono comunque conservativi in quanto sono quelli del Laboratorio CESI che rileva valori più elevati rispetto a quelli delle analisi effettuate da ARPAL. 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.liguria.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 19/1** - dal 20/06 al 24/07;
- campagna **P18 19/2** - dal 07/11 al 12/12.

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:

**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.liguria.it
C.F. e P.IVA 01305930107

	Postazione	Dcalcolato	<i>p Value</i>	Dteorico	Le due popolazioni sono uguali?
P18 19/1	Banchina	0,259	79%	0,577	SI
	Bypass	0,407	38%	0,662	SI
	Torre 4	0,489	12%	0,601	SI
	Torre 7	0,375	61%	0,734	SI
	Ravano	0,400	44%	0,680	SI
P18 19/2	Banchina	0,286	67%	0,575	SI
	Bypass	0,357	39%	0,575	SI
	Torre 4	0,577	22%	0,829	SI
	Torre 7	0,429	19%	0,575	SI
	Ravano	0,321	52%	0,575	SI

Il test di Kolmogorv – Smirnov eseguito sui risultati delle singole campagne fornisce risultati positivi per tutte le postazioni per entrambe le campagne e per tutte le postazioni: le popolazioni di dati sono infatti uguali e confrontabili. Si **ritengono pertanto validati i dati di PTS rilevati da CESI.**