

- Spett.le **Comune della Spezia**
Piazza Europa, 1
19124 – LA SPEZIA (SP)
- Spett.le **Comune di Arcola**
Piazza Muccini, 1
19021 – ARCOLA (SP)
- Spett.le **Provincia della Spezia**
Via V. Veneto, 2
19124 – LA SPEZIA (SP)
- Spett.le **Regione Liguria**
Dipartimento Ambiente
Via D'Annunzio, 111
16121 – GENOVA (GE)
- Spett.le **ISPRA**
Servizio Interdipartimentale per Indirizzo,
Coordinamento e Controllo Attività Ispettive
Via Vitaliano Brancati, 48
00144 - ROMA
- Spett.le **Ministero dell'Ambiente e della Tutela del**
Territorio e del Mare
Direzione Generale Valutazione Ambiente
Via C. Colombo, 44
00147 – ROMA
- Spett.le **A.S.L. n. 5 “Spezzino”**
Dipartimento di Prevenzione
S.C. Igiene e Sanità Pubblica
Via Fiume, 137
19100 – LA SPEZIA (SP)
- Spett.le **Istituto Superiore di Sanità**
Via Regina Elena, 299
00161 - ROMA

Dipartimento della Spezia

Indirizzo : Via Fontevivo 21/L
Tel. +39 0187 2814231 - fax. +39 0187 2814230
C.F. e P.IVA 01305930107



CERTIFIED OHSAS 18001

Spett.le **Soc. ENEL Produzione S.p.A.**
Via Valdilocchi, 32
19136 – LA SPEZIA (SP)

OGGETTO: Soc. ENEL Produzione S.p.A. – CTE della Spezia – Report campagne 2015 delle deposizioni atmosferiche nelle aree prospicienti gli impianti interessati da attività di scarico, movimentazione, stoccaggio e manipolazione del carbone.

Si trasmette in allegato il Report delle campagne 2015 delle deposizioni atmosferiche effettuato in collaborazione con CESI, prescritto al par. 10.3.1 punto 18) dell'A.I.A.Soc. ENEL Produzione S.p.A. n. 244 del 06/09/2013.

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

Il Direttore del Dipartimento
Dr.ssa Fabrizia COLONNA

Dipartimento della Spezia

Indirizzo : Via Fontevivo 21/L
Tel. +39 0187 2814231 - fax. +39 0187 2814230
C.F. e P.IVA 01305930107



CERTIFIED OHSAS 18001

Centrale Termoelettrica della Spezia

Attuazione della prescrizione 18 paragrafo 10.3.1 dell'AIA n.244 del 06/09/2013



Report monitoraggio prescrizione 18 anno 2015

settembre 2016

Indice

1	PREMESSA.....	4
2	ATTUAZIONE DELLA PRESCRIZIONE 18	5
2.1	Numero e durata delle "campagne periodiche"	5
2.2	Individuazione delle postazioni di monitoraggio	6
2.3	Tipi di campionatori utilizzati	7
2.4	Parametri chimici, metodi e validazione dei dati	8
2.4.1	Suddivisione delle attività analitiche	9
3	INQUADRAMENTO METEOROLOGICO	10
3.1	Caratteristiche meteorologiche generali del periodo	10
3.1.1	Andamento della temperatura e dell'umidità	13
3.1.2	Grado di copertura del cielo	14
3.2	Anemometria.....	15
3.3	Precipitazioni	19
4	MOVIMENTAZIONE CARBONE E OPERATIVITÀ DELLA CENTRALE ENEL DURANTE LE CAMPAGNE.....	20
4.1	Scarico navi.....	20
4.2	Giacenze carbone.....	22
4.3	Movimentazione carbone	27
4.4	Operatività della centrale.....	32
5	RISULTATI DELLE CARATTERIZZAZIONE DELLE DEPOSIZIONI.....	39
5.1	Ratei polveri sedimentabili e entità precipitazioni.....	39
5.1.1	Valutazione della entità della polverosità	40
5.2	Contenuto di metalli nelle deposizioni di polveri insolubili	41
5.2.1	Confronto delle deposizioni di metalli con valori di riferimento.....	45
5.2.2	Andamento delle concentrazioni dei metalli nelle polveri depositate	47
5.2.3	Confronto tra i profili dei metalli nelle polveri depositate	50
5.2.4	Confronto con i metalli nelle deposizioni di altre postazioni della Spezia	52
5.3	Contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC).....	54
5.4	Caratterizzazione mediante SEM delle particelle depositate	57
6	ANDAMENTO E CARATTERIZZAZIONE DELLE POLVERI TOTALI SOSPESSE (PTS)	61
6.1	Analisi dei periodi di sottovento alle sorgenti di polverosità	66
6.2	Contenuto di metalli nelle polveri totali sospese (PTS).....	74
7	SINTESI DEI RISULTATI DEL MONITORAGGIO FINO AL 2015	79
7.1	Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili.....	79
7.1.1	Deposizioni di metalli contenuti nelle polveri sedimentabili	81
7.1.2	Concentrazione di metalli nelle deposizioni di polveri sedimentabili	83
7.2	Andamento e caratterizzazione delle polveri totali sospese (PTS)	86
7.2.1	Contenuto di metalli nelle polveri totali sospese (PTS).....	89
7.3	Indagini mediante SEM e carbonio organico (OC) ed elementare (EC) nelle deposizioni.....	90
8	CONCLUSIONI.....	94
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	98

APPENDICE 1 – ROSE DEI VENTI DURANTE I PERIODI DI MONITORAGGIO	100
APPENDICE 2 – PRECIPITAZIONI DURANTE I PERIODI DI MONITORAGGIO	103
APPENDICE 3 – MODALITÀ OPERATIVA UTILIZZATA PER LE INDAGINI AL SEM	106
APPENDICE 4 - CONCENTRAZIONE DELLE PTS NELLE POSTAZIONI DI BANCHINA, BYPASS, TORRE 4, TORRE 7 E RAVANO.....	111
APPENDICE 5 - VALUTAZIONE DELLE ORE SOTTOVENTO ALLE SORGENTI PER DIFFERENTI VELOCITÀ DI VENTO	114
APPENDICE 6 - VALUTAZIONE DELLA ENTITÀ DEL TRAFFICO IN ZONA FOSSAMAISTRA E DARSENA	119

ALLEGATO 1 – DESCRIZIONE DELLE POSTAZIONI

ALLEGATO 2 – VALIDAZIONE DEI DATI DI METALLI NEI DEPOSIMETRI

ALLEGATO 3 – 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 un corretta gestione dei rischi per la salute. Si prescrive pertanto al Gestore, d'intesa con ARPAL e Amministrazione comunale, l'attivazione di periodiche campagne di monitoraggio che, anche adottando tecniche di source apportionment, analizzino le deposizioni atmosferiche nelle aree prospicienti gli impianti in relazione alle potenziali sorgenti”.

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 2014, sono state condotte una campagna di “bianco” dal 24/05 al 15/06/2014 (convenzionalmente indicata come P18 14/0), a centrale spenta e senza movimentazione di carbone e una campagna di monitoraggio dal 06/08 – 08/09 (P18 14/1) a Centrale in funzione e con movimentazione di carbone¹.

Nel presente rapporto, dopo un richiamo ai contenuti del protocollo di attuazione della prescrizione, sono presentati i risultati ottenuti e le elaborazioni condotte relativamente alle campagne del 2015.

¹ Si veda il Rapporto ARPAL: “Centrale Termoelettrica della Spezia - Attuazione della prescrizione 18 paragrafo 10.3.1 dell'AIA n.244 del 06/09/2013”, ottobre 2015 reperibile sul sito internet dell'Agenzia <http://www.arpal.gov.it>

2 ATTUAZIONE DELLA PRESCRIZIONE 18

Per l'attuazione della prescrizione 18, ARPAL ha condotto un percorso condiviso con gli Enti Locali con ENEL e con CESI, in qualità di consulente ENEL. Sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti:

- monitoraggio delle deposizioni atmosferiche umide e secche come previsto dalla prescrizione P18²;
- monitoraggio delle polveri totali sospese (PTS), non previsto dalla prescrizione, ma le più rappresentative visivamente della polverosità³;
- definizione del numero e durata delle campagne periodiche;
- individuazione delle postazioni di monitoraggio, in funzione delle loro caratteristiche, in ottemperanza alla prescrizione che richiede siano "nelle aree prospicienti le zone di scarico, movimentazione e stoccaggio del carbone";
- tipo di deposimetri da utilizzare nelle campagne di monitoraggio;
- parametri 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 in funzione della applicazione di tecniche di *source apportionment*.

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

Per il 2014, primo anno di attuazione della prescrizione, si è adottato uno schema di monitoraggio simile a quello già utilizzato in passato⁴ ed è stato replicato nelle due campagne eseguite nel 2015 (secondo anno di attuazione).

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

Nel **2014** è stata eseguita una campagna di "bianco" e una campagna estiva nel periodo da fine maggio a inizi settembre mentre nel **2015** sono state condotte le due campagne previste dal protocollo: una invernale (dai primi di febbraio ai primi di marzo) ed una estiva (da fine luglio ai primi di settembre), entrambe con movimentazione di carbone e con la centrale in funzione.

² Le deposizioni secche sono definite come la somma delle deposizioni di particelle sedimentabili secche, particelle non sedimentabili e gas, quelle umide come somma delle deposizioni delle particelle umide sedimentabili e sotto forma di gocce. Le deposizioni "bulk" sono definite come la somma delle particelle sedimentabili umide e secche (UNI EN 15841:2010).

³ Le polveri totali sospese (PTS) in aria sono una miscela complessa, multi fase, di tutti i solidi aerodispersi e delle particelle liquide a bassa tensione di vapore, aventi un diametro aerodinamico compreso tra meno di 0,01 e 100 µm o maggiore (US EPA Method IO-2.1: 1999, "Sampling of ambient air for total suspended particulate matter (SPM) and PM10 using high volume (HV) sampler").

⁴ "Analisi dei dati di polveri rilevati nella campagna di misura effettuata nella zona di Fossamastra (La Spezia)". prot. ARPAL nr 31455 del 31/010/2012.

Nel prospetto che segue sono elencati i periodi di monitoraggio effettuati nel corso del 2014 e 2015 includendo anche quelli della prescrizione 14:

Prescrizione 14			Prescrizione 18		
Data	Codifica	Note	Data	Codifica	Note
23/05 – 16/06/14	P14 14/0	Campagna di "bianco"	24/05 – 15/06/14	P18 14/0	Campagna di "bianco"
07/07 – 06/08/14	P14 14/1	Campagna di monitoraggio	-	-	-
06/08 – 09/09/14	P14 14/2	Campagna di monitoraggio	06/08 – 08/09/14	P18 14/1	Campagna di monitoraggio
19/01 – 18/02/15	P14 15/1	Campagna di monitoraggio	-	-	-
19/02 – 24/03/15	P14 15/2	Campagna di monitoraggio	04/02 – 04/03/15	P18 15/1	Campagna di monitoraggio
17/06 – 16/07/15	P14 15/3	Campagna di monitoraggio	-	-	-
17/07 – 26/08/15	P14 15/4	Campagna di monitoraggio	23/07 – 02/09/15	P18 15/2	Campagna di monitoraggio

Tabella 1 - Postazioni di misura della prescrizione 18.

Nel dettaglio i periodi di svolgimento delle campagne 2014-'15 sono stati i seguenti:

- prima campagna, indicata nel seguito come **P18 14/0**⁵: dal 24/05/2014 al 15/06/2014, a centrale termoelettrica non in esercizio e in assenza di scarico da parte di navi carboniere, che costituisce, come sopra introdotto, una campagna equivalente ad un "bianco";
- seconda campagna, indicata nel seguito come **P18 14/1**: dal 06/08/2014 al 08/09/2014, con la centrale operativa (salvo un periodo di fermata dall'11 al 18 agosto) e con scarico da parte di navi carboniere;
- prima campagna 2015, indicata nel seguito come **P18 15/1**: dal 04/02/2015 al 04/03/2015, con la centrale operativa e con scarico da parte di navi carboniere;
- seconda campagna 2015, indicata nel seguito come **P18 15/2**: dal 23/07/2015 al 02/09/2015, con la centrale operativa e con scarico da parte di navi carboniere.

Il funzionamento della centrale nel periodo delle campagne del 2015 è descritto in dettaglio nel cap. 4.

2.2 Individuazione delle postazioni di monitoraggio

Le postazioni di monitoraggio sono state preliminarmente individuate tramite un sopralluogo congiunto ARPAL – ENEL – CESI, effettuato il 27/03/2014, presso le postazioni della RRQA gestita da ARPAL della Spezia.

La scelta delle postazioni 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 2014 e 2015 sono riportate in Tabella 2 e ricalcano parzialmente quelle utilizzate nelle indagini del 2012.

Si evidenzia che a seguito dei risultati del 2014 è stata inserita in via sperimentale, a partire dalla campagna estiva, 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 incluse anche le strumentazioni esistenti di ARPAL e quelle che sono state integrate per l'effettuazione della campagna con esclusione del campionatore PTS posizionato in Ravano:

⁵ Le campagne di monitoraggio sono state numerate con la seguente codifica: "P18" indica il numero della prescrizione contenuto nell'AIA della Centrale di Spezia, "14" indica le ultime due cifre dell'anno di riferimento (2014), il numero successivo alla barra il progressivo della campagna con la codifica che "0" indicherà sempre una campagna di "bianco".

Postazione	Significatività per le deposizioni	Tipi di deposimetri	Strumentazione meteo ⁶	Strumentazione qualità aria
Banchina ENEL	Scarico del carbone da navi	bulk per inorganici	-	PTS Skypost (ARPAL)
Bypass	Scarico del carbone da navi e emissioni diffuse movimentazione carbone	bulk per inorganici	-	PTS Skypost (CESI)
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 ⁶	PTS Skypost (CESI)
Diffusore	Emissioni diffuse da attività portuali, di diportistica e da traffico pesante	bulk per inorganici	-	-

Tabella 2 - Postazioni di misura della prescrizione 18.

Nella figura seguente è riportata l'ubicazione delle postazioni della tabella precedente:



Figura 1 - Ubicazione delle postazioni di prelievo.

In Allegato 1 sono riportate le schede anagrafiche delle postazioni.

2.3 Tipi di campionatori 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 alle determinazioni di specie metalliche. Il campionatore di polveri totali sospese (PTS) è costituito da un

⁶ VV e DV = Velocità e Direzione del Vento a 4 m.

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.

2.4 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, è stato effettuato:
 - o determinazione dei seguenti elementi metallici: As, Cd, Cr tot, Hg, Ni, Pb, Cu, Mn, Tl, V;
 - o analisi del contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC). 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.

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).

2.4.1 *Suddivisione delle attività analitiche*

Le attività analitiche relative alla caratterizzazione chimica delle **deposizioni atmosferiche** sono state così suddivise:

- preparazione dei campioni per la determinazione dei metalli:
la procedura di trattamento dei deposimetri è stata concordata già nel 2014 dai tecnici di laboratorio di ARPAL e CESI, in conformità alla norma UNI EN 15841:2009. Per le campagne del **2015** le attività analitiche sono state così suddivise:
 - o campagna **P18 15/1**: preparazione a cura di CESI, con verifiche puntuali da parte di ARPAL;
 - o campagna **P18 15/2**: preparazione a cura di ARPAL, con verifiche da parte di CESI.
- analisi dei metalli:
conformemente alla suddivisione delle attività di preparativa, le analisi del materiale solido filtrato è stata eseguita da:
 - o CESI sui campioni della campagna **P18 15/1** mentre ARPAL ha effettuato la validazione dei risultati;
 - o ARPAL per i campioni della campagna **P18 15/2** mentre CESI ha effettuato la validazione dei risultati;
- determinazione del carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC): Università di Genova, in accordo col protocollo NIOSH 5040:2003;
- microscopia a scansione elettronica: ARPAL e CESI con procedura concordata.

Le attività relative al campionamento ed alla caratterizzazione chimica del **particolato (PTS)** sono state così suddivise:

- determinazione gravimetrica: CESI, con procedura conforme alla norma UNI EN 15841:2009 e concordata dai rispettivi tecnici di laboratorio, con validazione ARPAL;
- analisi dei metalli:
le analisi per i monitoraggi della prescrizione 18 sono state condotte sui campioni corrispondenti alle giornate in cui vengono effettuate di routine sulle postazioni della RQA della Spezia, con procedura conforme alla UNI EN ISO 17294-2:2005. Per le campagne del **2015** le attività analitiche sono state così suddivise:
 - o ARPAL sui campioni della campagna **P18 15/1**,
 - o CESI per i campioni della campagna **P18 15/2**.

3 INQUADRAMENTO METEOROLOGICO

Come riferimento, per le condizioni meteorologiche durante il periodo delle campagne sono stati utilizzati i dati forniti dalle postazioni meteorologiche del Golfo della Spezia ritenute più affidabili e rappresentative. I dati delle postazioni di riferimento sono stati confrontati e/o integrati con quelli della strumentazione meteorologia installata presso la postazione di monitoraggio nell'area tra la Torre 7 e la Centrale ENEL.

La lista delle postazioni utilizzate per l'inquadramento meteorologico sono riassunte nella tabella che segue, con indicazione della strumentazione installata. Le postazioni di Comune della Spezia e Capitaneria di Porto sono rappresentative della meteorologia insistente sull'area urbana mentre quella di Porto Lotti caratterizza la meteorologia relativa alla parte orientale del Golfo. Il periodo di inizio e fine misura corrisponde a quello delle campagne.

Postazione	Tipologia	Quota slm (m)	Parametri meteo misurati ⁷
Comune della Spezia ⁸	Stazione fissa	40	VV, DV 6 m, TA, UR, PA, RG
Capitaneria di porto (AP)	Stazione fissa	10	VV e DV, TA 5m
Porto Lotti (AP)	Stazione fissa	1	VV, DV 10 m, TA, PA, RG
Area tra Torre 7 e Centrale	Integrazione strumentazione CESI	5	VV e DV 4m

Tabella 3 – Postazioni meteorologiche utilizzate.

3.1 Caratteristiche meteorologiche generali del periodo

Le caratteristiche meteorologiche durante il periodo delle due campagne di monitoraggio sono state sostanzialmente differenti evidentemente anche per via delle diverse stagioni all'interno delle quali si sono sviluppate.

La prima campagna si è sviluppata prevalentemente nel corso del mese di Febbraio, in un periodo che si è dimostrato dalle caratteristiche più invernali rispetto ai mesi precedenti, ma comunque nella norma climatologica.

La seconda campagna si è sviluppata nel mese di Agosto, un mese che ha visto, dopo il caldo record registrato a Luglio, il protrarsi di una rilevante anomalia termica nel corso delle prime tre settimane, seguita poi da un significativo evento meteorico che ha visto concentrarsi in meno di 24 ore un quantitativo di pioggia pari a quello caduto nei precedenti 3 mesi.

Nel dettaglio, la campagna **P18 15/1** (04/02 ÷ 04/03) è stata caratterizzata da ripetute discese di aria polare fino alla prima metà del mese, con il dominio di una vasta zona depressionaria sul Mediterraneo responsabile di ripetuti richiami di masse d'aria fredda, dall'Europa Nord-orientale: tale circolazione ha portato maltempo su gran parte delle regioni tirreniche con neve in Appennino a quote relativamente basse nell'interno. La Liguria, in questa prima parte del mese ha visto nevicare sui rilievi e lungo i versanti padani, accompagnate da rovesci nevosi e circolazione prevalente dai quadranti orientali.

Nella seconda parte del mese si è evidenziato come i minimi di pressione siano rimasti decisamente più confinati verso il Canale di Sicilia e la Tunisia: ciò ha comportato valori di geopotenziale negativi, in particolare sul Tirreno centro meridionale e le isole maggiori, con un tempo spiccatamente instabile. Sul Nord-Italia si sono evidenziati valori nella norma a causa di un generale aumento della pressione: si è infatti notato un parziale collegamento tra l'anticiclone delle Azzorre e quello Russo Balcanico che

⁷ 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.

⁸ 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.

ha garantito periodi di tempo più stabile: questa condizione è risultata evidente dalla comparazione dei dati disponibili di temperatura dell'aria, rilevati nella postazione della Spezia e del Monte Beverone (a circa 220 m slm), con alcune situazioni di inversione termica più o meno marcate tra il 10 ed il 13 Febbraio ed intorno al 20.

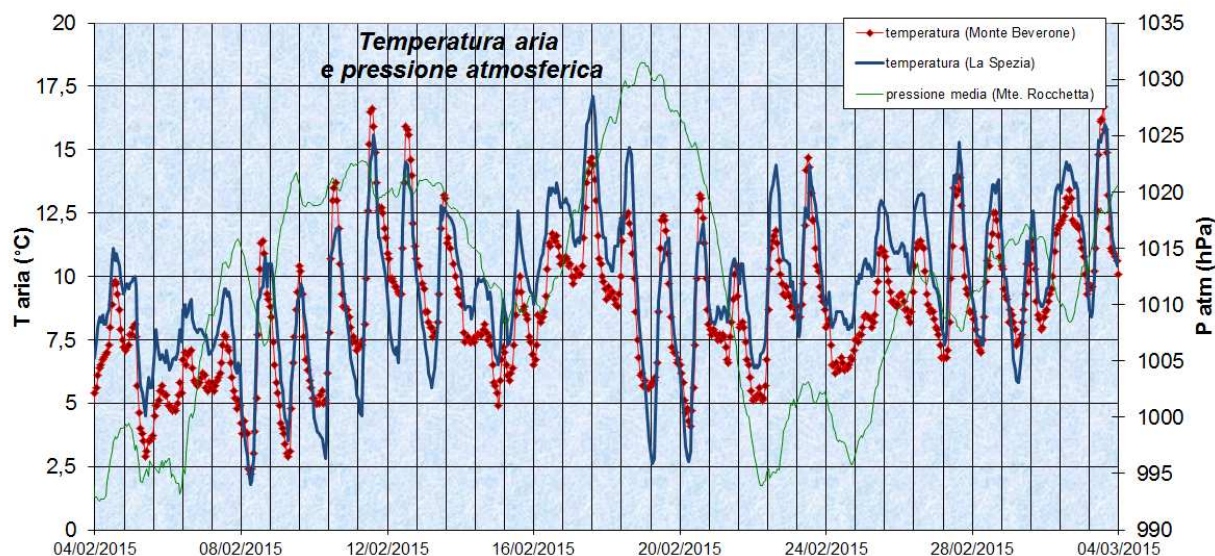


Figura 3 – Andamento di temperatura dell'aria e pressione atmosferica in tre postazioni della rete di rilevamento meteorologica dell'ARPAL.

Si è avuta una veloce irruzione di aria fredda e instabile in corrispondenza della terza settimana del mese sul Nord Italia (ben evidenziato dal crollo nei valori di pressione nel grafico precedente), associata a rovesci e nevicate che in Liguria sono rimaste prevalentemente confinate sul versante padano. Gli episodi di neve sono stati quasi sempre accompagnati da anomali temporali costieri, dall'aspetto più primaverile, con eccezionali grandinate, anche sulla provincia della Spezia.

In sintesi, durante la campagna **P18 15/1** si sono avute situazioni di cielo coperto con temperature e precipitazioni cumulate in linea con quelle climatologiche.

Nei giorni di luglio precedenti l'inizio della campagna **P18 15/2** (23/07 ÷ 02/09), si è visto il prevalere di temperature eccezionalmente elevate, legate alla presenza di un campo di alta pressione di matrice africana. L'anticiclone africano è associato alla risalita di masse d'aria di origine sahariana, decisamente più calde rispetto a quelle atlantiche (legate all'anticiclone delle Azzorre), che tendono a umidificarsi sul Mediterraneo per poi interessare le nostre regioni e l'Europa centro occidentale in un contesto di condizioni anticicloniche di subsidenza. Tale condizione tende a riscaldare ulteriormente le masse d'aria ai bassi livelli, comportando condizioni ancora più severe in termini di disagio da caldo, a causa non solo delle temperature elevate, ma anche dell'umidità medio-alta e della scarsa ventilazione per il mancato innesco di nubi convettive.

In concomitanza con l'inizio della campagna (ultima settimana del mese di Luglio), l'ingresso di un sistema atlantico ha attenuato leggermente il dominio anticiclonico con condizioni di temporanea variabilità, legata alla formazione di una serie di minimi di pressione secondari sul golfo Ligure che hanno comportato l'innesco di venti più intensi sud-occidentali anche se le temperature sono rimaste al di sopra della norma.

Già nei primi giorni di Agosto, il campo di alta pressione africana ha ripreso forza su tutto il Nord Italia, con temperature ampiamente al di sopra della media e ventilazione estremamente ridotta. Tale fase si è protratta almeno fino a metà mese allorché si sono registrate le prime infiltrazioni di aria più fresca di origine atlantica che hanno dato luogo a un significativo peggioramento delle condizioni meteo. In particolare verso Ferragosto, il passaggio di un sistema frontale dalla Francia verso le regioni Alpine e

Balcaniche, ha determinato, con l'ingresso di aria più fresca atlantica (-15 °C a 500 hPa) ed un mare eccezionalmente caldo, condizioni favorevoli alla formazione di temporali, oltre allo sviluppo di un considerevole numero di trombe d'aria nel Levante ligure, che non hanno però interessato la costa.

Dopo una parziale rimonta anticiclonica, legata a un flusso più secco settentrionale e correnti di Maestrale, si è assistito a una nuova significativa diminuzione della pressione attorno al 23-25 di agosto, legato al passaggio di un sistema temporalesco preceduto da una significativa avvezione di aria caldo-umida. Questa avvezione ha comportato l'innescio di forti rovesci temporaleschi che hanno stazionato per diverse ore sul Levante e l'alta Toscana durante le prime ore del 24 agosto: i fenomeni sono stati caratterizzati da precipitazioni con intensità e quantitativo molto elevato e con un elevatissimo numero di fulminazioni, associato a violente raffiche di vento.

Il mese si è quindi chiuso con una rimonta anticiclonica, associata ad una costante ripresa termica, legata al riaffermarsi di un promontorio anticiclonico verso l'Europa centro-orientale che ha continuato anche nei primi giorni di Settembre in concomitanza con il termine del periodo di monitoraggio.

In sintesi, durante la campagna **P18 15/2** si sono verificate condizioni di tempo sereno per la maggior parte dei giorni, con temperature medie molto elevate e valori massimi spesso superiori a 30° C ed con un unico significativo evento precipitativo associato a venti intensi.

3.1.1 Andamento della temperatura e dell'umidità

Di seguito sono riportati gli andamenti di temperatura e di umidità misurati durante i due periodi di monitoraggio. Presso le postazioni meteo dell'Autorità Portuale della Spezia (Capitaneria di Porto e Porto Lotti) viene misurata solo la temperatura, mentre nella postazione di Comune sono rilevati anche i valori di umidità. Per confronto, nei grafici relativi alle prime due postazioni, sono riportati i dati di umidità rilevati nella postazione di Comune.

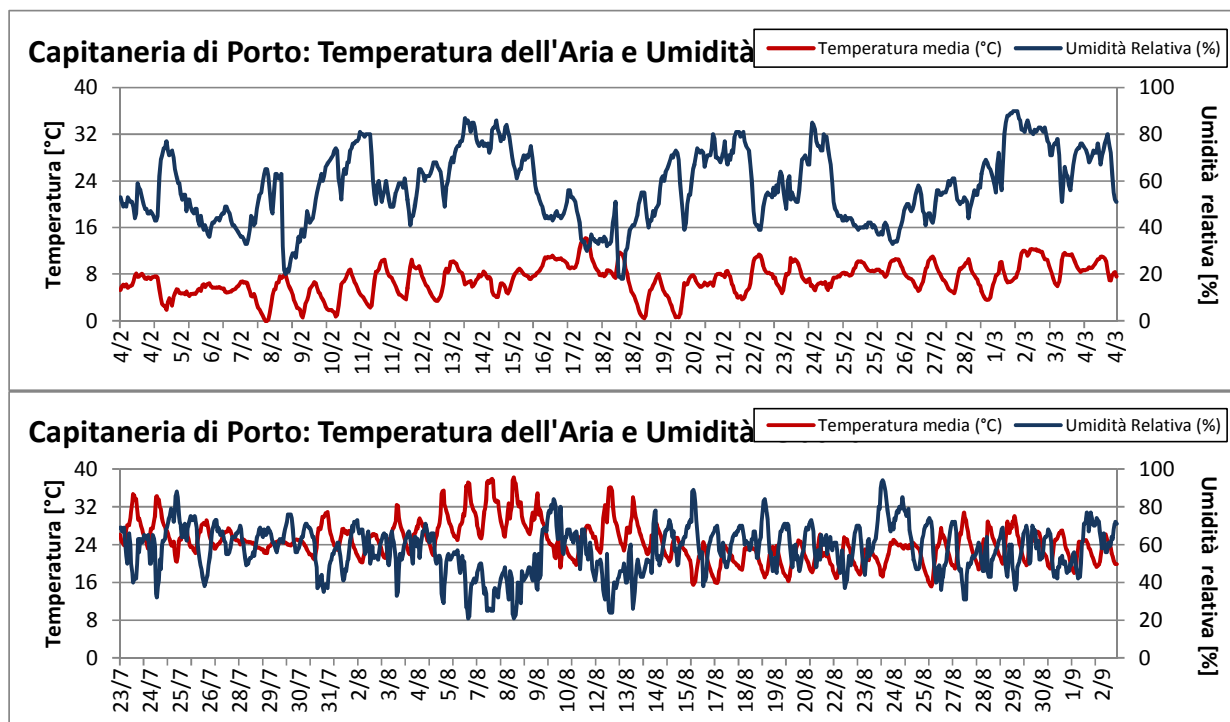


Figura 4 – Andamento temporale della temperatura e umidità relativa nella postazione di Capitaneria di Porto.

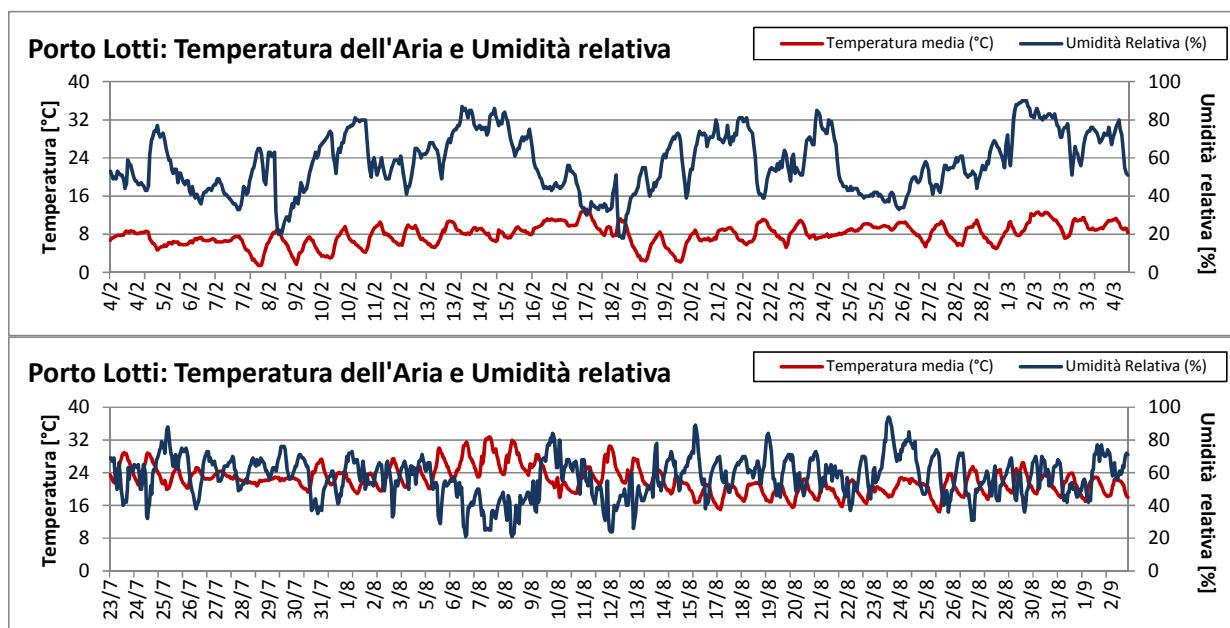


Figura 5 – Andamento temporale della temperatura e umidità relativa nella postazione di Porto Lotti.

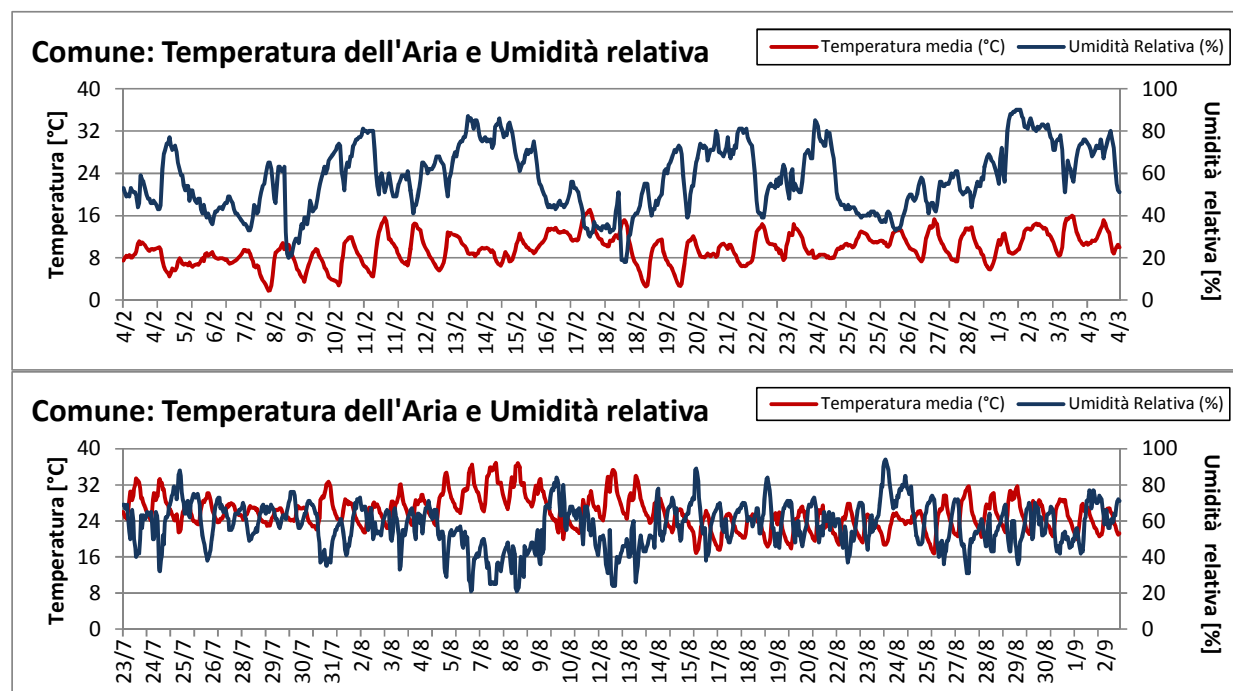


Figura 6 – Andamento temporale della temperatura e umidità relativa nella postazione di Comune della Spezia.

La tabella seguente riassume alcuni indici statistici di temperatura e umidità presso le postazioni della Capitaneria di Porto, Comune della Spezia e di Porto Lotti:

Capitaneria di Porto	P18 15/1	P18 15/2	Porto Lotti	P18 15/1	P18 15/2	Comune della Spezia	P18 15/1	P18 15/2	Comune della Spezia	P18 15/1	P18 15/2
T (°C)			T (°C)			T (°C)			UR (%)		
media	7,1	24,5	media	7,9	22,2	media	9,7	25,8	media	58	57
minimo	-0,3	15,2	minimo	1,1	14,4	minimo	1,8	16,8	minimo	18	21
massimo	14,3	38,2	massimo	13,3	32,8	massimo	17,1	36,9	massimo	90	94
mediana	7,2	24,2	mediana	8,1	22,0	mediana	9,7	25,4	mediana	56	58

Tabella 4– Sintesi dei principali parametri meteorologici registrati nelle postazioni di misura.

3.1.2 Grado di copertura del cielo

Dagli andamenti dei principali parametri meteo è stato possibile separare i giorni in cui si è avuto un tempo soleggiato dai giorni in cui il tempo era perturbato.

Nei giorni in cui il tempo è stato soleggiato, non vi sono state precipitazioni e la radiazione globale diurna è stata superiore al 70% rispetto a quella extra atmosferica (1361W/m^2)⁹.

Nei giorni in cui il tempo è stato perturbato, si sono avuti eventi di precipitazione ed il cielo è stato parzialmente o totalmente coperto (radiazione solare inferiore al 70% di quella extra atmosferica).

Nei giorni in cui il tempo è stato soleggiato, il vento ha avuto un comportamento simile in termini di direzione e velocità e l'andamento della radiazione globale ha avuto una forma piuttosto regolare.

Nei giorni in cui il tempo è stato perturbato, il cielo è stato parzialmente o totalmente coperto, e vi sono state delle condizioni di instabilità del vento (vento forte o molto debole, sbandieramento del vento, pioggia).

⁹ F.Spinelli, E.G. Cogliani, A. Maccari, M. Milone: "La misura e la stima della radiazione solare: l'archivio dell'ENEA e il sito internet dell'Atlante italiano della radiazione solare per la pubblicazione dei dati."

Di seguito è mostrata la ripartizione tra giornate soleggiate e con tempo perturbato nei due periodi di monitoraggio:

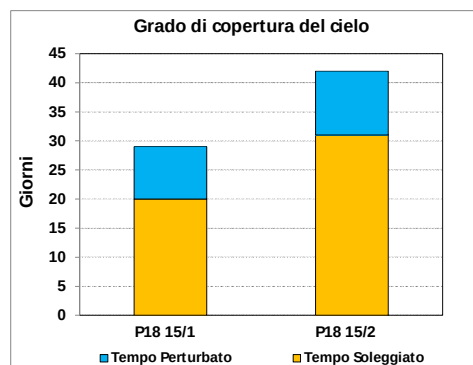


Figura 7 - Ripartizione tra giornate soleggiate e perturbate nei due periodi di monitoraggio.

Nei periodi considerati hanno prevalso quindi le condizioni di tempo soleggiato.

3.2 Anemometria

Di seguito, sono riportate le rose dei venti nell'area della Spezia per le postazioni di Comune, Capitaneria di Porto, Porto Lotti e Torre 7, nei due periodi di monitoraggio. In Appendice 1, per ciascun periodo di monitoraggio, 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 campagna P18 15/1.

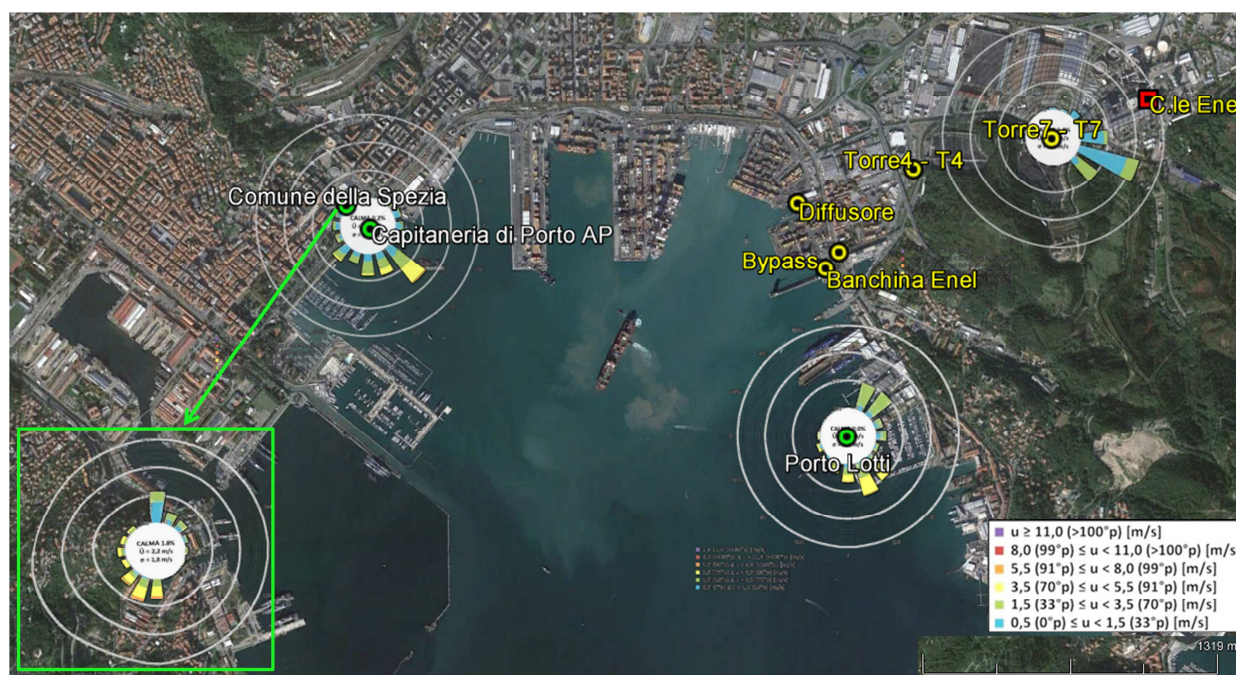


Figura 9 - Rose dei venti durante la campagna P18 15/2.

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

Vi sono poi alcune peculiarità in parte già evidenziate nel corso del monitoraggio 2014: la postazione Torre 7, vede componenti prevalentemente orientali in ogni periodo, confermando come in questo sito siano preponderanti gli effetti locali e dunque i dati ivi rilevati abbiano una valenza estremamente puntuale. La postazione del Comune della Spezia è stata riattivata successivamente alla campagna invernale (non presente perciò in Figura 8), con cambio di strumentazione rispetto alla configurazione del 2014¹⁰, e sembra meglio evidenziare rispetto alla vicina stazione di Capitaneria di Porto, la circolazione di brezza tipica del Golfo della Spezia, per effetto probabilmente della quota di installazione più elevata che fa sì che il campo di vento sia meno perturbato da ostacoli locali.

¹⁰ a partire dal 07/03/15 viene utilizzato un anemometro a coppette che presenta una soglia di rilevamento più elevata rispetto al sonico ivi presente in precedenza ed alle altre postazioni.

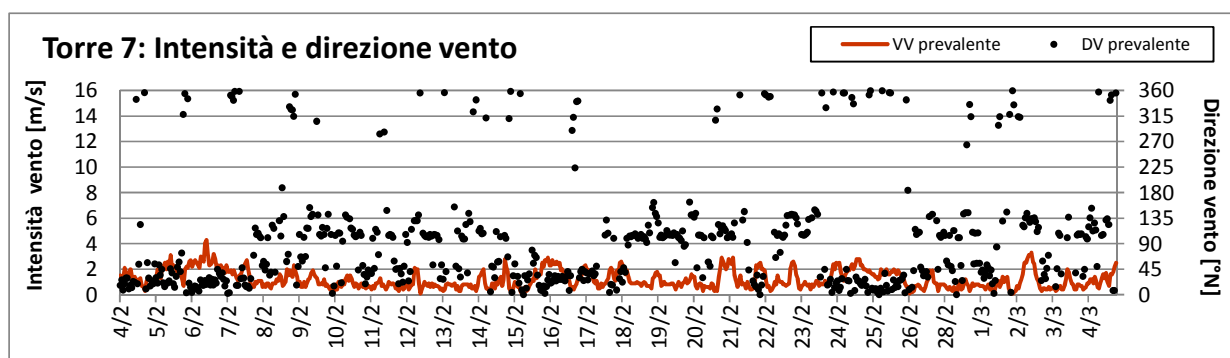


Figura 10 – Torre 7: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 15/1

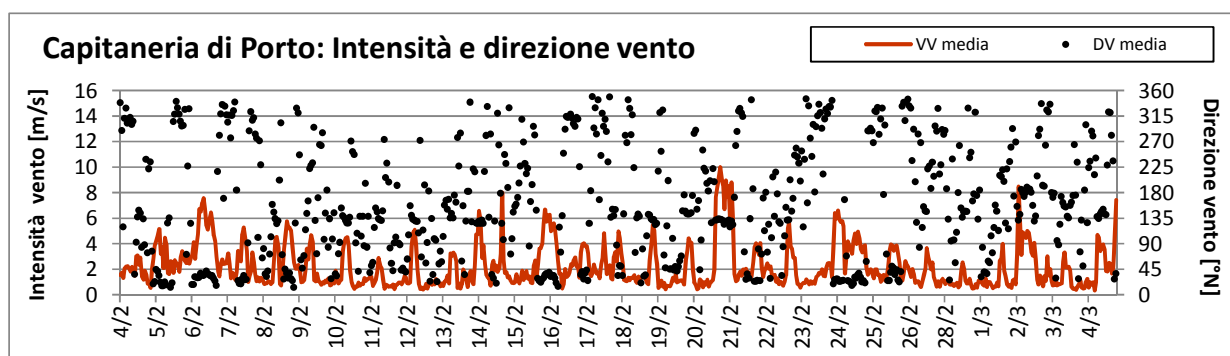


Figura 11 – Capitaneria di Porto: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 15/1.

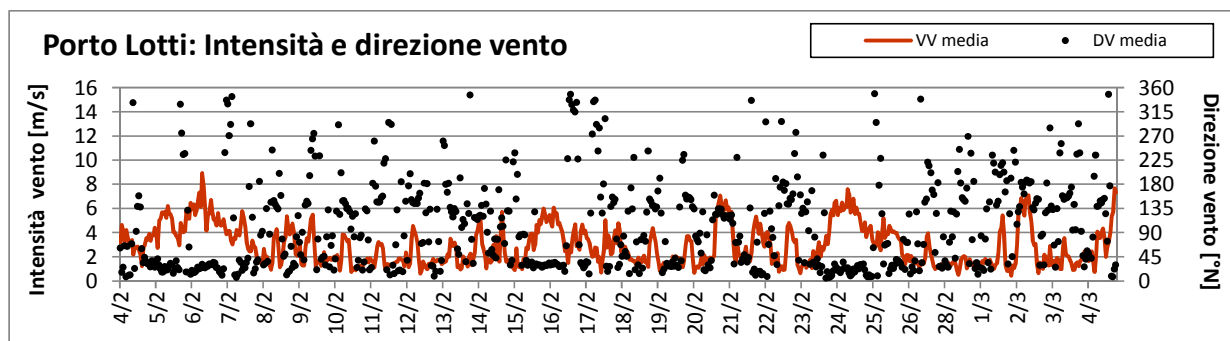


Figura 12 – Porto Lotti: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 15/1.

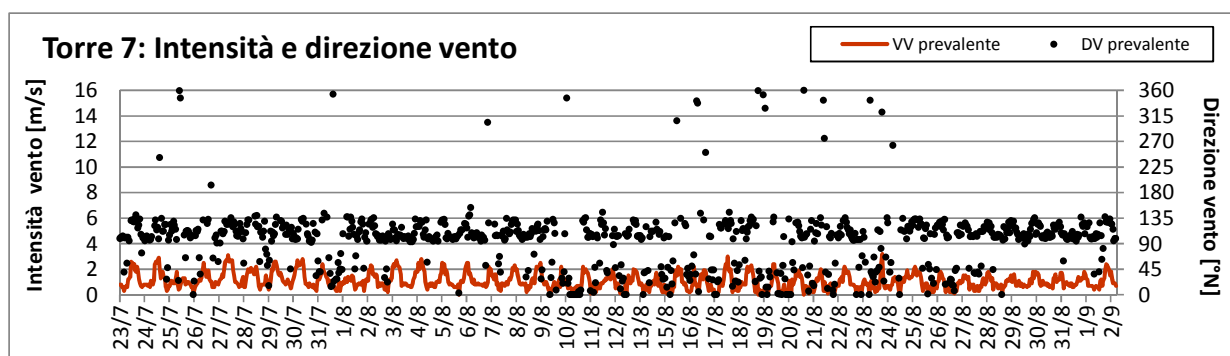


Figura 13 – Torre 7: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 15/2.

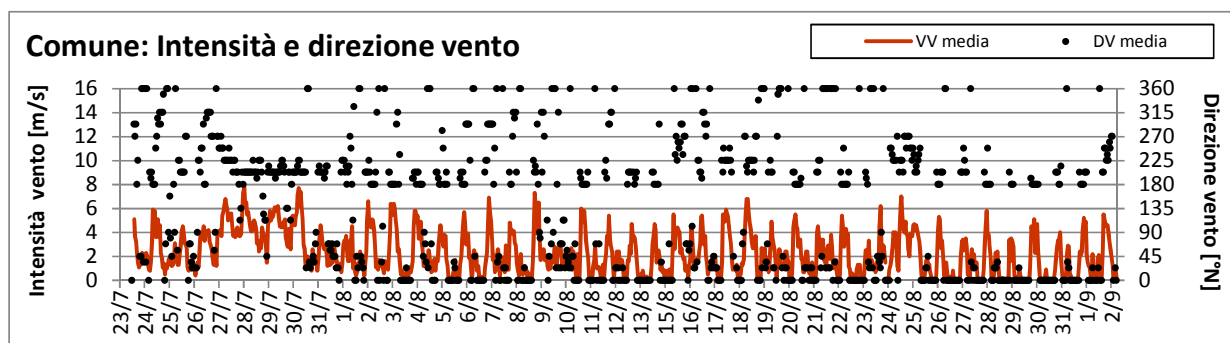


Figura 14 – Comune: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 15/2.

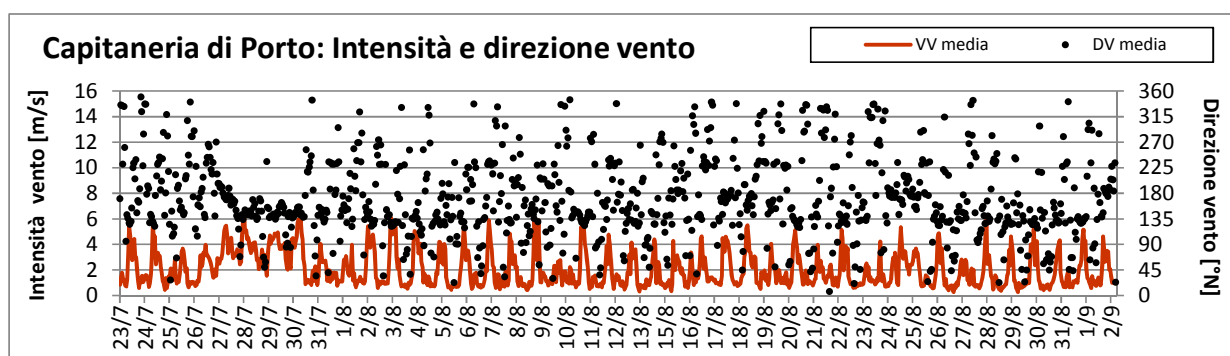


Figura 15 – Capitaneria di Porto: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 15/2.

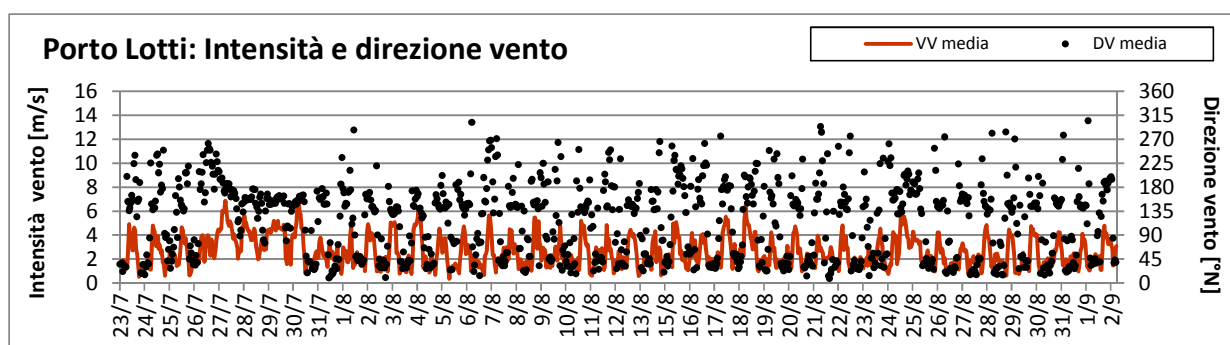


Figura 16– Porto Lotti: Intensità e direzione del vento durante la campagna P18 15/2.

Si noti come in assenza di tempo perturbato è confermata l'evidente ciclicità della velocità del vento con punte oltre i 4 m/s, andamento già evidenziato nella precedente campagna estiva. Queste condizioni possono contribuire significativamente ad un risollevarsi periodico delle polveri depositate al suolo. Più in dettaglio:

- **P18 15/1:** si sono registrati episodi di venti di elevata intensità (7–8 m/s) solo in rare occasioni e per le sole postazioni di Porto Lotti e Capitaneria di Porto (postazione presso la quale si è rilevato un episodio di Scirocco con velocità media oraria superiore ai 10 m/s);
- **P18 15/2:** esaminando in maniera più sistematica i dati anemometrici rilevati a Comune e a Porto Lotti, si possono osservare per la gran parte del periodo di monitoraggio (caratterizzato dal dominio di un anticiclone di matrice africana) valori massimi giornalieri di intensità di circa 4 m/s di provenienza meridionale. Queste condizioni si verificano generalmente nelle ore diurne legate all'instaurarsi delle termiche che si sviluppano nel Golfo. Infatti in serata e durante la notte, l'intensità dei venti diminuisce e i settori di provenienza risultano prevalentemente dai quadranti settentrionali secondo i classici meccanismi di inversione della cella di brezza. Questo comportamento 'regolare' non si è verificato negli ultimi giorni di Luglio, quando il quadro

sinottico ha visto l'ingresso di un sistema atlantico con condizioni di temporanea variabilità, che hanno comportato l'innesco di venti più intensi di Libeccio.

3.3 Precipitazioni

I dati delle precipitazioni giornaliere misurate nella postazione del Comune sono riportati in Appendice 2. Di seguito, sono riassunti il numero di eventi meteorici significativi¹¹ e la precipitazione totale misurata presso le due postazioni:

	<i>Comune della Spezia</i>	
	Campagna P18 15/1	Campagna P18 15/2
N° eventi meteorici	6	6
N° giorni totali	9	8
Precipitazione totale [mm]	129,2	215,2

Tabella 5 – Sintesi degli eventi piovosi registrati durante le due campagne.

Nelle due campagne, le precipitazioni totali cumulate sono state significativamente differenti. Nella seconda campagna, vi è stato un evento anomalo di elevata precipitazione, quasi 120 mm in un giorno. Di seguito è mostrato l'andamento temporale degli eventi di precipitazione nei due periodi di monitoraggio:

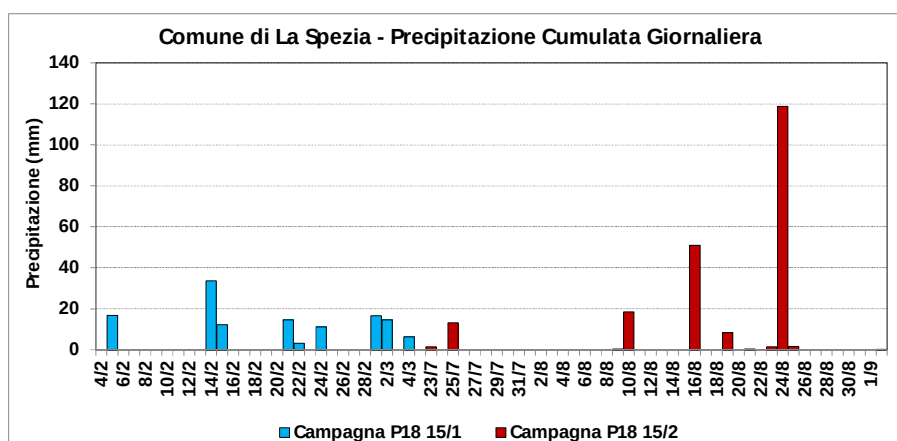


Figura 17 - Precipitazioni cumulate durante il periodo delle campagne di campionamento.

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

- **P18 15/1:** l'evento più intenso è avvenuto il 14-15 febbraio durante il quale sono caduti circa 45 mm di pioggia seguito da un altro evento a cavallo del 1 marzo con circa 30 mm di precipitazione, mentre gli altri eventi hanno superato di poco i 10 mm di precipitazione (nei 5 deposimetri si è raccolta una precipitazione equivalente che va dai 110 a 127 mm, a fronte di 129 mm di precipitazione cumulata nel periodo dalla postazione di Comune della Spezia);
- **P18 15/2:** durante la campagna, si sono registrati 4 eventi superiori ai 10 mm: tra questi 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 (nei 5 deposimetri si è raccolta una precipitazione equivalente che va dai 174 a 202 mm, a fronte di 215 mm di precipitazione cumulata nella postazione di Comune della Spezia). Dal confronto con la corrispettiva campagna dell'anno 2014 è pertanto evidente una significativa differenza nel valore di precipitazione cumulata che risulta ben 10 volte superiore, pur con un numero di eventi piovosi del tutto confrontabile.

¹¹ Per "eventi meteorici significativi" si è inteso il numero di periodi piovosi, non le singole giornate. Gli eventi piovosi possono essere quindi di durata plurigiornaliera.

4 MOVIMENTAZIONE CARBONE E OPERATIVITÀ DELLA CENTRALE ENEL DURANTE LE CAMPAGNE

Durante il periodo di monitoraggio sono stati raccolti ed elaborati i principali dati di impianto legati al funzionamento, 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, 4.2 e 4.3 sono riportati i dati relativi rispettivamente allo scarico, giacenza e movimentazione carbone e nel paragrafo 4.4 quelli relativi al funzionamento e alle emissioni prodotte, rappresentati in forma grafica, sia per la **P18 15/1** (04/02-04/03) che per la **P18 15/2** (23/07-02/09).

4.1 Scarico navi

Di seguito viene riportato il calendario di operatività delle navi carboniere in corrispondenza della **P18 15/1** con l'indicazione della quantità di carbone scaricato giornalmente:

Nave	Data	Carbone scaricato (t/giorno)
Tina IV	04-feb-15	8000
Tina IV	05-feb-15	8000
Tina IV	06-feb-15	2000
Tina IV/Costanza IV	07-feb-15	4757
Costanza IV	08-feb-15	10000
Costanza IV	09-feb-15	7000
Costanza IV	10-feb-15	7000
Costanza IV	11-feb-15	8000
Costanza IV	12-feb-15	7000
Costanza IV	13-feb-15	7000
Costanza IV	14-feb-15	6000
Costanza IV	15-feb-15	7000
Costanza IV	16-feb-15	8000
Costanza IV	17-feb-15	8000
Costanza IV	18-feb-15	7000
Costanza IV/Archigeti	19-feb-15	3825
Archigeti	20-feb-15	8500
Archigeti	21-feb-15	9000
Archigeti	22-feb-15	8000
Archigeti	23-feb-15	6000
Archigeti	24-feb-15	7000
Archigeti	25-feb-15	8000
Archigeti	26-feb-15	5000
Archigeti	27-feb-15	8000
Archigeti	28-feb-15	5000
Archigeti	01-mar-15	830
/	02-mar-15	/
/	03-mar-15	/
/	04-mar-15	/

Tabella 6 – Calendario di operatività delle navi carboniere durante la campagna P18 15/1.

Di seguito viene anche riportato il calendario di operatività delle navi carboniere in corrispondenza della **P18 15/2** con l'indicazione della quantità di carbone scaricato giornalmente:

Nave	Data	Carbone scaricato (t/giorno)
/	23-lug-15	/
/	24-lug-15	/
Yong Li	25-lug-15	6000
Yong Li	26-lug-15	6000
Yong Li	27-lug-15	7000
Yong Li	28-lug-15	2950
/	29-lug-15	/
/	30-lug-15	/
/	31-lug-15	/
/	01-ago-15	/
/	02-ago-15	/
/	03-ago-15	/
Framura 2	04-ago-15	6000
Framura 2	05-ago-15	9000
Framura 2	06-ago-15	9000
Framura 2	07-ago-15	8000
Framura 2	08-ago-15	8000
Framura 2	09-ago-15	8000
Framura 2	10-ago-15	10000
Framura 2	11-ago-15	6800
/	12-ago-15	/
/	13-ago-15	/
/	14-ago-15	/
/	15-ago-15	/
/	16-ago-15	/
/	17-ago-15	/
/	18-ago-15	/
/	19-ago-15	/
/	20-ago-15	/
/	21-ago-15	/
/	22-ago-15	/
/	23-ago-15	/
/	24-ago-15	/
Key Integrity	25-ago-15	2000
Key Integrity	26-ago-15	4000
Key Integrity	27-ago-15	2000
Key Integrity	28-ago-15	8000
Key Integrity	29-ago-15	10000
Key Integrity	30-ago-15	10000
Key Integrity	31-ago-15	8000
Key Integrity	01-set-15	10000
Key Integrity	02-set-15	11000

Tabella 7 - Calendario di operatività delle navi carboniere durante la campagna P18 15/2.

Nella tabella successiva viene mostrato il calendario di operatività delle navi carboniere del periodo 01/01/15 – 31/12/15, con l'indicazione della quantità di carbone scaricato complessivamente:

Nave	Data inizio scarico	Data fine scarico	Carbone scaricato (t)
Fu Da	01/01/2015	05/01/2015	27243
Bright Wind	27/01/2015	28/01/2015	11508
Tina IV	30/01/2015	07/02/2015	63757
Costanza IV	07/02/2015	19/02/2015	88325
Archigeti	19/02/2015	01/03/2015	66830
Costanza 5	29/03/2015	13/04/2015	88332
United World	14/04/2015	18/04/2015	24460
Framura 1	28/04/2015	07/05/2015	64900
Medi Vitoria	07/05/2015	28/05/2015	65898
Costanza 6	01/06/2015	12/06/2015	88300
Four Coal	21/06/2015	29/06/2015	65208
Yong Li	25/07/2015	28/07/2015	21950
Framura 2	04/08/2015	11/08/2015	64800
Key Integrity	25/08/2015	02/09/2015	68232
Framura 3	15/09/2015	24/09/2015	64812
Costanza 7	25/09/2015	04/10/2015	88303
Navios Hope	16/12/2015	29/12/2015	66220
Sbi Rumba	30/12/2015	31/12/2015	8000

Tabella 8 - Calendario di operatività delle navi carboniere nell'anno 2015.

Durante il 2015, sono state complessivamente scaricate 1'037'083 t di carbone in 159 giorni su 365 giorni (circa 44% dell'anno), con una media giornaliera annuale di 2'841 t/g. Considerando solo i giorni di scarico (158 g), la media giornaliera diventa 6'564 t/g.

Durante la campagna **P18 15/1** sono state scaricate 173'912 t di carbone in 26 giorni sui 29 giorni di durata della campagna, con una media giornaliera di campagna pari a 5'997 t/g. Considerando solo i giorni di scarico (26), la media giornaliera diventa 6'689 t/g.

Durante la campagna **P18 15/2** sono state scaricate 151'750 t di carbone in 21 giorni sui 42 giorni di durata della campagna, con una media giornaliera di campagna pari a 3'613 t/g. Considerando solo i giorni di scarico (21), la media giornaliera diventa 7'226 t/g.

Dall'analisi dei dati si deduce che:

- lo scarico di carbone durante la campagna **P18 15/1** è stato elevato se confrontato con il dato medio giornaliero annuale, in quanto lo scarico è avvenuto per quasi il 90% del tempo di campagna;
- lo scarico di carbone durante la campagna **P18 15/2** è stato in linea con la media giornaliera annuale ed è avvenuto infatti per circa il 50% del tempo di campagna;
- dall'analisi dei soli giorni di scarico, in entrambe le campagne la quantità media giornaliera di carbone scaricato dalle navi (rispettivamente 6'689 t/g e 7'226 t/g) risulta essere in linea con la quantità media giornaliera su base annuale (6'564 t/g);

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

4.2 Giacenze carbone

Durante la campagna **P18 15/1** di monitoraggio (04/02-04/03) si è avuta un'elevata movimentazione di combustibile dalla nave carboniera verso il carbonile di **Val Bosca**, infatti la giacenza è variata da circa il 40% della capienza a circa l'85%, mentre il carbonile di **Val Fornola** non ha variato sostanzialmente la propria giacenza, passata da circa il 27% a circa il 37%, come si evince dalla figura sotto riportata:

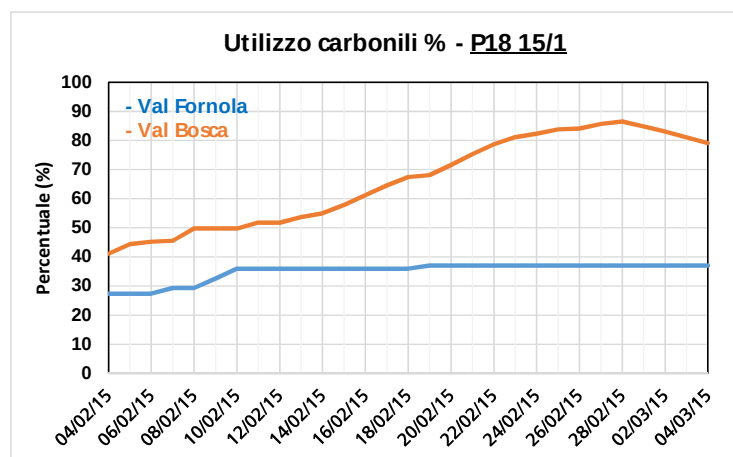


Figura 18 – Percentuale di utilizzo dei carbonili Val Bosca e Val Fornola durante la P18 15/1.

Durante la campagna **P18 15/2** di monitoraggio (23/07-02/09) si è avuta una movimentazione di combustibile dalla nave carboniera verso i carbonili sia di **Val Bosca** che di **Val Fornola**, infatti la giacenza è oscillata in entrambe i casi da un valore minimo di circa il 21% della capienza a circa il 36%, come si evince dalla figura sotto riportata:

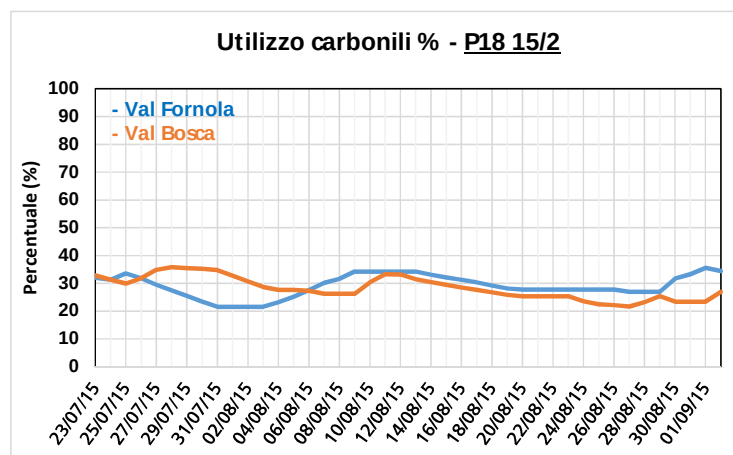


Figura 19 – Percentuale di utilizzo dei carbonili Val Bosca e Val Fornola durante la P18 15/2.

Nella figura seguente è riportato l'andamento delle giacenze di combustibile dei due carbonili di **Val Bosca** e di **Val Fornola** durante l'anno 2015: come già anticipato, si rileva che la campagna **P18 15/1** di monitoraggio è stata effettuata contemporaneamente ad una elevata movimentazione di carbone verso il carbonile di **Val Bosca**:

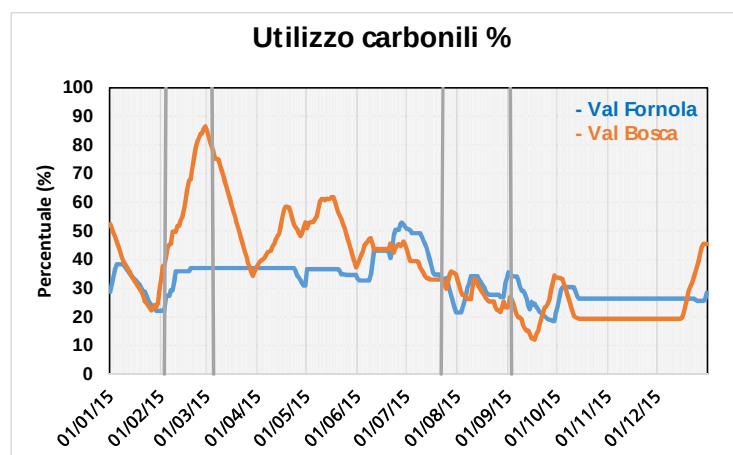


Figura 20 – Giacenze combustibile carbonili Val Bosca e Val Fornola anno 2015.

Nella planimetria sottostante è indicata la codifica delle posizioni dei cumuli (ciascuno caratterizzato da presenza di combustibile con caratteristiche omogenee) nei due carbonili e la posizione di installazione dei cannon-fog operativi nel carbonile di Val Bosca:



Figura 21 - Planimetria dei carbonili (a sinistra Val Fornola; a destra Val Bosca).

I confini delle zone del parco sono da ritenersi indicativi e possono variare in funzione delle dimensioni dei cumuli. Quelli identificati con la lettera "A" vengono creati in ogni zona intermedia del parco quando si ha un numero di cumuli maggiore di tre ed indicativamente si possono considerare posizionati nella fascia intermedia.

Di seguito è quindi riportato l'andamento della giacenze per cumulo nei due carbonili durante la campagna di monitoraggio **P18 15/1**:

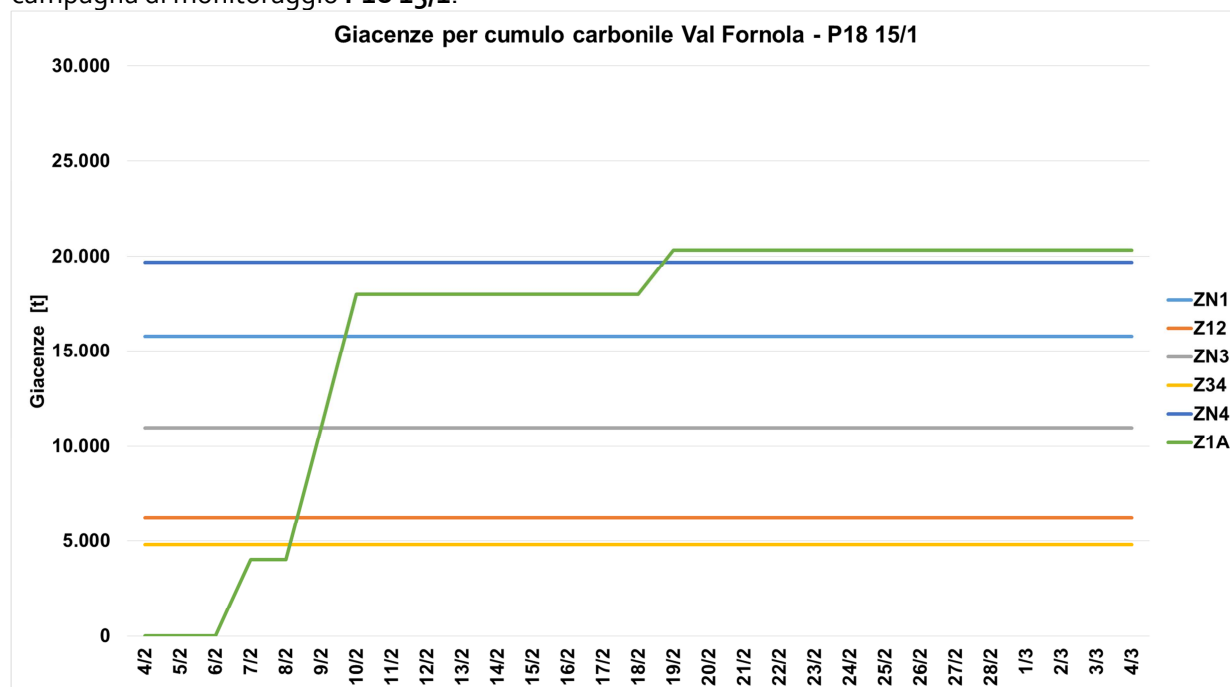


Figura 22 - Giacenze per cumulo carbonile Val Fornola durante la campagna P18 15/1.

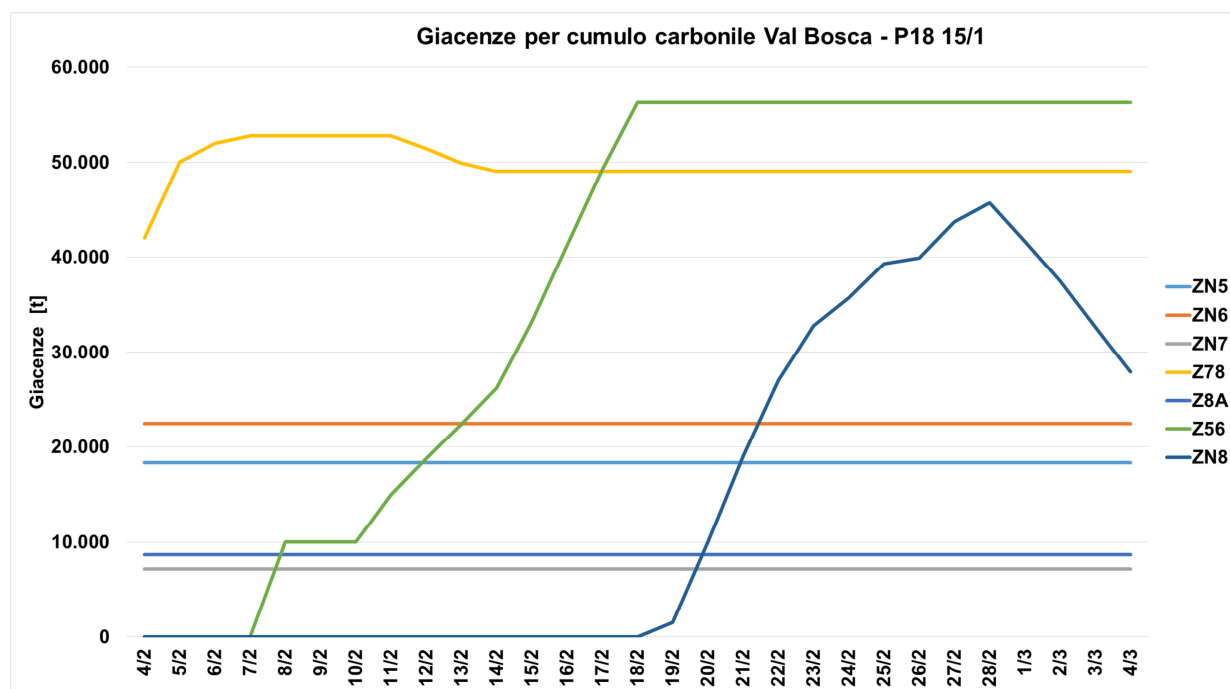


Figura 23 - Giacenze per cumulo carbonile Val Bosca durante la campagna P18 15/1.

Dall'analisi giornaliera delle giacenze per cumulo durante la campagna di monitoraggio **P18 15/1** si riscontra che nel carbonile di **Val Fornola** il carbone era abbancato nei cumuli identificati con le sigle ZN1, Z12, ZN3, Z34, ZN4 e Z1A, mentre nel carbonile di **Val Bosca** il carbone era abbancato nei cumuli identificati con le sigle ZN5, ZN6, ZN7, Z78, Z8A, Z56 e ZN8.

Per quanto riguarda **Val Fornola** si riscontra che è stato movimentato dal 06/02/2015 al 19/02/2015 un unico cumulo identificato con la sigla Z1A, che ha incrementato il suo volume da 0 a circa 20000 T. Tutti gli altri cumuli non hanno invece variato il loro volume. Per **Val Bosca** invece si riscontra che il cumulo identificato con la sigla Z78 ha variato il suo volume dal 04/02/2015 al 13/02/2015, passando da 42000 Ton a circa 53000 t, il cumulo identificato con la sigla Z56 ha variato il suo volume da 0 a circa 56000 t nel periodo dal 07/02/2015 al 18/02/2015 ed il cumulo identificato con la sigla ZN8 ha variato il suo volume da 0 a circa 46000 t nel periodo dal 18/02/2015 al 04/03/2015. Tutti gli altri cumuli non hanno invece variato il loro volume.

Di seguito è anche riportato l'andamento della giacenze per cumulo nei due carbonili durante la campagna di monitoraggio **P18 15/2**:

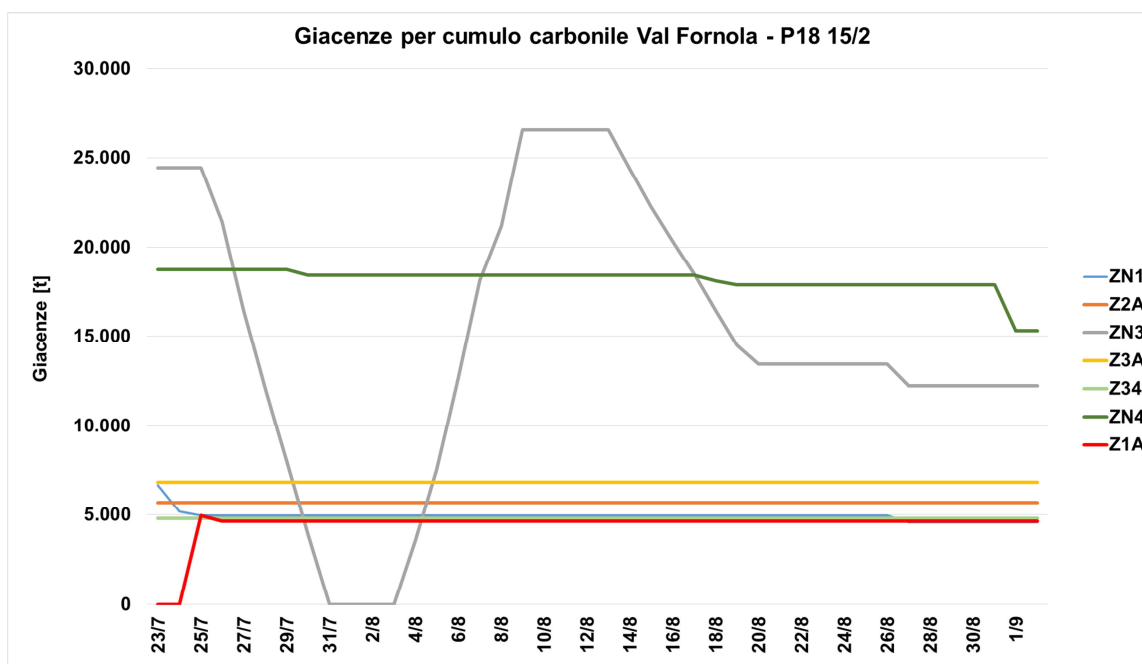


Figura 24 - Giacenze per cumulo carbonile Val Fornola durante la campagna P18 15/2.

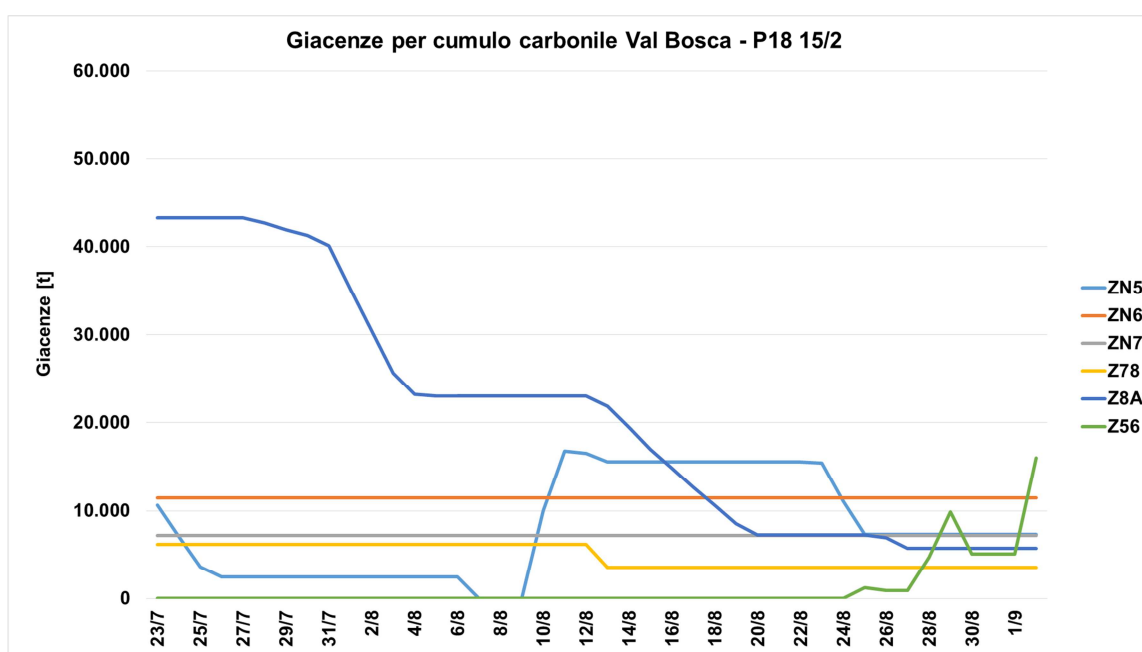


Figura 25 - Giacenze per cumulo carbonile Val Bosca durante la campagna P18 15/2.

Dall'analisi giornaliera delle giacenze per cumulo durante la campagna di monitoraggio **P18 15/1** si riscontra che nel carbonile di **Val Fornola** il carbone era abbancato nei cumuli identificati con le sigle ZN1, Z2A, ZN3, Z3A, Z34, ZN4, Z1A, mentre nel carbonile di **Val Bosca** il carbone era abbancato nei cumuli identificati con le sigle ZN5, ZN6, ZN7, Z78, Z8A e Z56.

Per quanto riguarda **Val Fornola** si riscontra che è stato movimentato il cumulo identificato con la sigla ZN3 con volumi variabili tra 0 e 27.000 t. Tutti gli altri cumuli non hanno invece variato sostanzialmente il loro volume. Per **Val Bosca** invece si riscontra che il cumulo identificato con la sigla Z8A ha variato il suo volume da circa 43.000 t a circa 5.000 t, cumulo identificato dalla sigla ZN5 da 0 a

circa 17000 t ed il cumulo identificato dalla sigla Z56 da 0 a circa 16000 t nel periodo dal 24/08/2015 al 02/09/2015. Tutti gli altri cumuli non hanno invece variato sostanzialmente il loro volume

Per quanto riguarda l'operatività dei cannon-fog installati presso il carbonile di **Val Bosca** si rimanda alla sottostante tabella nella quale sono indicati i dati con periodicità mensile come prescritta nel PMC dell'A.I.A. (tabella 3 paragrafo 3.1.2):

	Fog1 (ore)	Fog 2 (ore)	Fog 3 (ore)	Consumo acqua (t)
gen-15	0	0	0	0
feb-15	0	0	0	0
mar-15	0,5	2	1,5	80
apr-15	5	1	4	200
mag-15	5	3	4	240
giu-15	5	4	6	300
lug-15	6	2	9	340
ago-15	5	2	11	360
set-15	7	3	8	360
ott-15	5	2	3	200
nov-15	4	3	6	260
dic-15	2	1	2	100

Tabella 9- Operatività Cannon-Fog carbonile Val Bosca anno 2015.

Per quanto riguarda invece il carbonile di **Val Fornola** si rileva che i 7 irrigatori del tipo ad angolo variabile con funzionamento circolare o a settore sono stati installati in data 30/06/2015 e resi operativi in data 01/11/2015. Di seguito sono riportati i dati stimati di consumo d'acqua con periodicità mensile:

	Tempo esercizio (ore)	Consumo acqua stimato (m ³)
nov-15	1,2	173,4
dic-15	3,7	534,65

Tabella 10- Operatività irrigatori carbonile Val Fornola anno 2015.

4.3 Movimentazione carbone

Per quanto riguarda la campagna **P18 15/1** di monitoraggio (04/02-04/03), nella figura di seguito riportata, è rappresentato il quantitativo giornaliero totale di carbone scaricato; si evidenzia che l'attività di scarico si è avuta per 26 giornate su 29 di durata della campagna, con un quantitativo medio giornaliero movimentato pari a circa 6000 t (in tutta la campagna) e 6700 t (nei soli giorni di scarico):

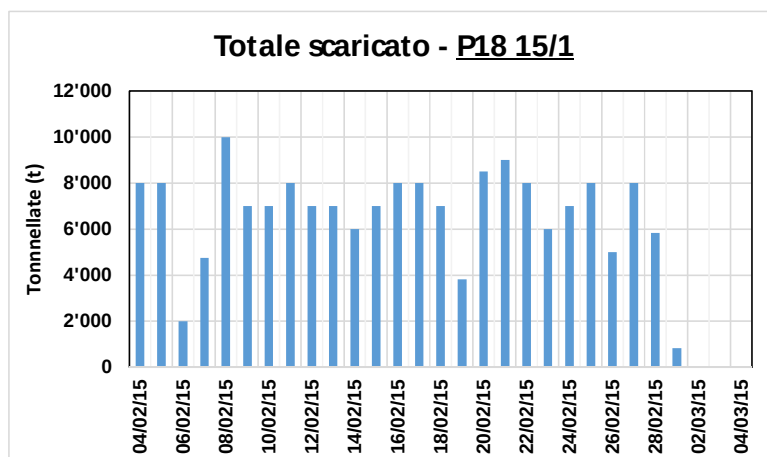


Figura 26 – Quantitativo giornaliero scaricato durante la P18 15/1.

Nella figura che segue è invece rappresentata la movimentazione del carbone dalla nave carboniera al carbonile di **Val Bosca**; si evidenzia che l'attività si è avuta per 24 giornate con un quantitativo medio giornaliero movimentato pari a circa 5000 t:

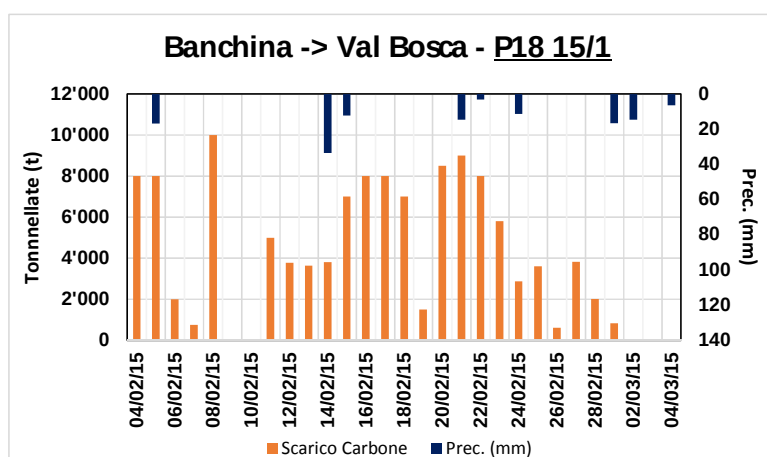


Figura 27 – Quantitativo giornaliero scaricato da carboniera a Val Bosca durante la P18 15/1.

Nella figura che segue è invece rappresentata la movimentazione del carbone dalla nave carboniera al carbonile di **Val Fornola**; si evidenzia che l'attività si è avuta per 4 giornate con un quantitativo medio giornaliero movimentato pari a circa 5000 t:

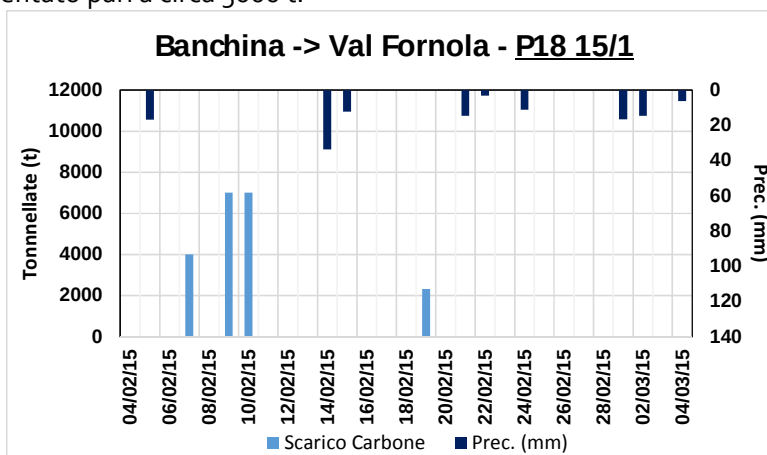


Figura 28 – Quantitativo giornaliero scaricato da carboniera a Val Fornola durante la P18 15/1.

Nella figura che segue è invece rappresentata la movimentazione del carbone dalla nave carboniera direttamente alla Centrale; si evidenzia che l'attività si è avuta per 10 giornate con un quantitativo medio giornaliero movimentato pari a circa 3300 t:

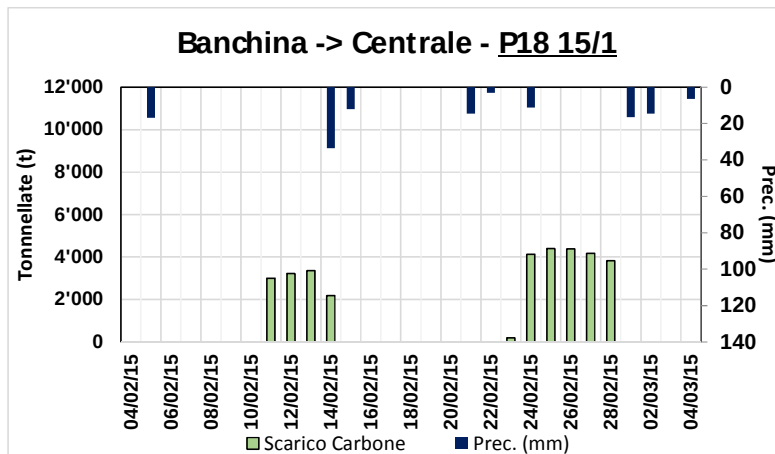


Figura 29– Quantitativo giornaliero scaricato da carboniera a CTE durante la P18 15/1.

Nella figura che segue è invece rappresentata la movimentazione del carbone dal carbonile di **Val Bosca** alla Centrale; si evidenzia che l'attività si è avuta per 7 giornate con un quantitativo medio giornaliero movimentato pari a circa 3000 t:

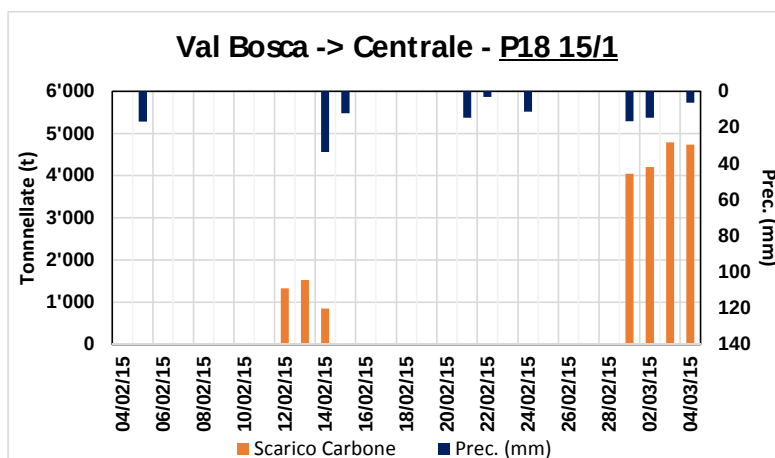


Figura 30 – Quantitativo giornaliero movimentato da Val Bosca a CTE durante la P18 15/1.

Si evidenzia altresì che non sono state effettuate movimentazioni di carbone dal carbonile di **Val Fornola** a quello di **Val Bosca** e da **Val Fornola** in Centrale.

Per quanto riguarda la campagna **P18 15/2** di monitoraggio (23/07-02/09), nella figura di seguito riportata, è rappresentato il quantitativo giornaliero totale di carbone scaricato; si evidenzia che l'attività di scarico si è avuta per 21 giornate su 42 di durata della campagna **P18 15/2**, con un quantitativo medio giornaliero movimentato pari a circa 3600 t (in tutta la campagna) e 7226 t (nei soli giorni di scarico):

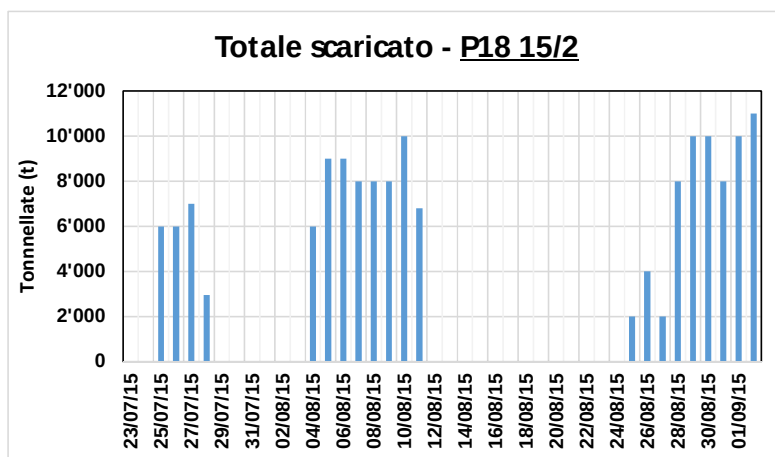


Figura 31 – Quantitativo giornaliero scaricato durante la P18 15/2.

Nella figura che segue è invece rappresentata la movimentazione del carbone dalla nave carboniera al carbonile di **Val Bosca**; si evidenzia che l'attività si è avuta per 8 giornate con un quantitativo medio giornaliero movimentato pari a circa 6000 t:

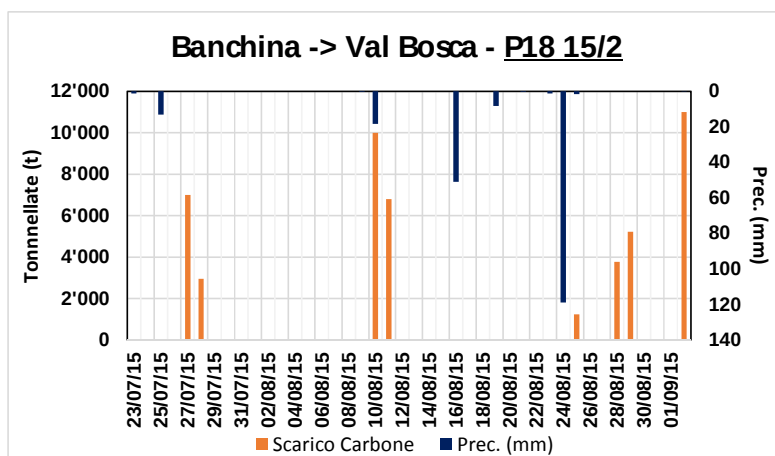


Figura 32 – Quantitativo giornaliero scaricato da carboniera a Val Bosca durante la P18 15/2.

Nella figura che segue è invece rappresentata la movimentazione del carbone dalla nave carboniera al carbonile di **Val Fornola**; si evidenzia che l'attività si è avuta per 11 giornate con un quantitativo medio giornaliero movimentato pari a circa 5300 t:

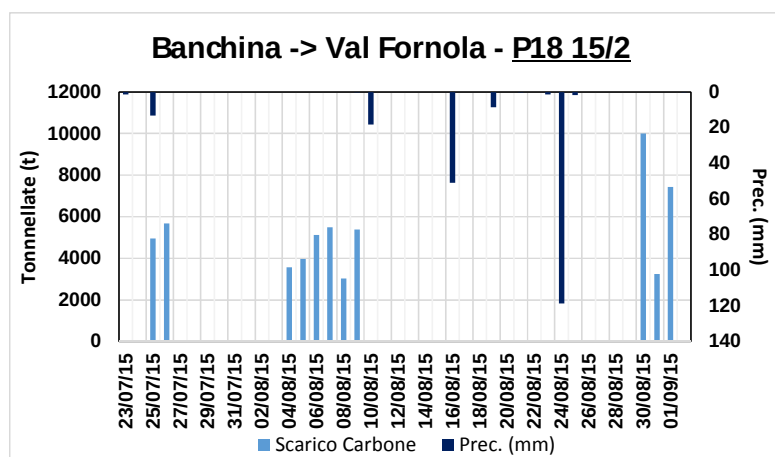


Figura 33 – Quantitativo giornaliero scaricato da carboniera a Val Fornola durante la P18 15/2.

Nella figura che segue è invece rappresentata la movimentazione del carbone dalla nave carboniera direttamente alla Centrale; si evidenzia che l'attività si è avuta per 15 giornate con un quantitativo medio giornaliero movimentato pari a circa 3000 t:

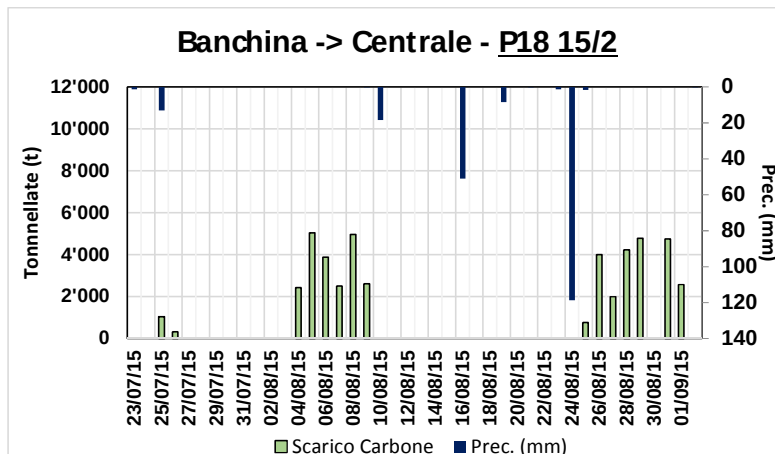


Figura 34 – Quantitativo giornaliero scaricato da carboniera a CTE durante la P18 15/2.

Nella figura che segue è invece rappresentata la movimentazione del carbone dal carbonile di **Val Bosca** alla Centrale; si evidenzia che l'attività si è avuta per 32 giornate con un quantitativo medio giornaliero movimentato pari a circa 2200 t:

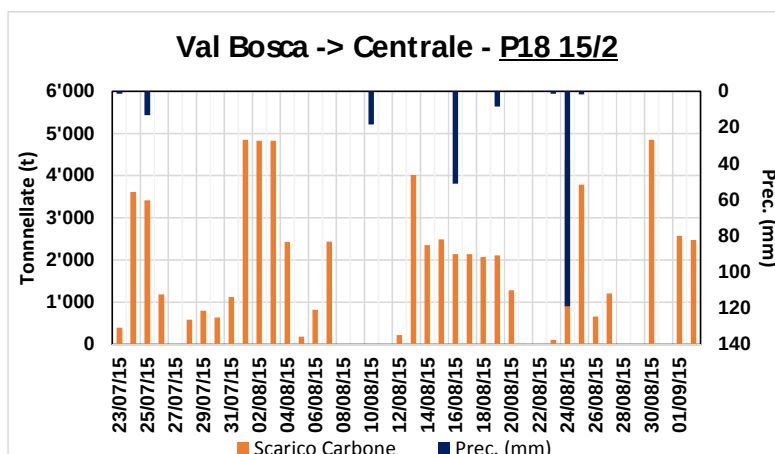


Figura 35 – Quantitativo giornaliero movimentato da Val Bosca a CTE durante la P18 15/2.

Inoltre, nella campagna **P18 15/2** è stato movimentato combustibile dal carbonile di **Val Fornola** alla Centrale, come evidenziato dalla figura sottostante: si evidenzia che l'attività si è avuta per 18 giornate con un quantitativo medio giornaliero movimentato pari a circa 2700 t:

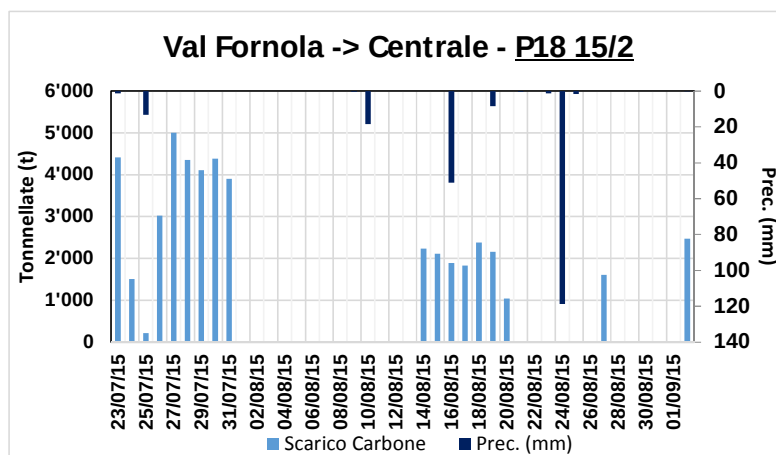


Figura 36 – Quantitativo giornaliero movimentato da Val Fornola a CTE durante la P18 15/2.

Si evidenzia, inoltre, che in entrambe le campagne di monitoraggio non sono mai stati effettuati trasferimenti di carbone tra i due carbonili.

4.4 Operatività della centrale

Nel seguito sono considerati 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].

I limiti di legge mensili, vigenti fino al 01/01/2016 (V.si nota della soc. ENEL Produzione S.p.A. prot. n. 50447 dell'11/12/2015), 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: 350 mg/Nm³
- NO_x: 200 mg/Nm³
- CO: 150 mg/Nm³
- Polveri: 25 mg/Nm³

L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella **P18 15/1**, escludendo i valori registrati durante il periodo di fermo (dal 04/02 al 10/02 e dal 14/02 al 23/02) ad eccezione del parametro CO, sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP₃: il valore medio del parametro NO_x è 177 mg/Nm³, del parametro SO₂ è 200 mg/Nm³, del parametro polveri è 7,3 mg/Nm³ e del parametro CO è 94 mg/Nm³.

Per quanto riguarda il parametro CO, anche in questa campagna si riscontra una notevole variabilità e dispersione di dati, come evidenziato dal calcolo della deviazione standard pari a 75 mg/Nm³.

Si riportano di seguito gli andamenti dei parametri caratteristici monitorati:

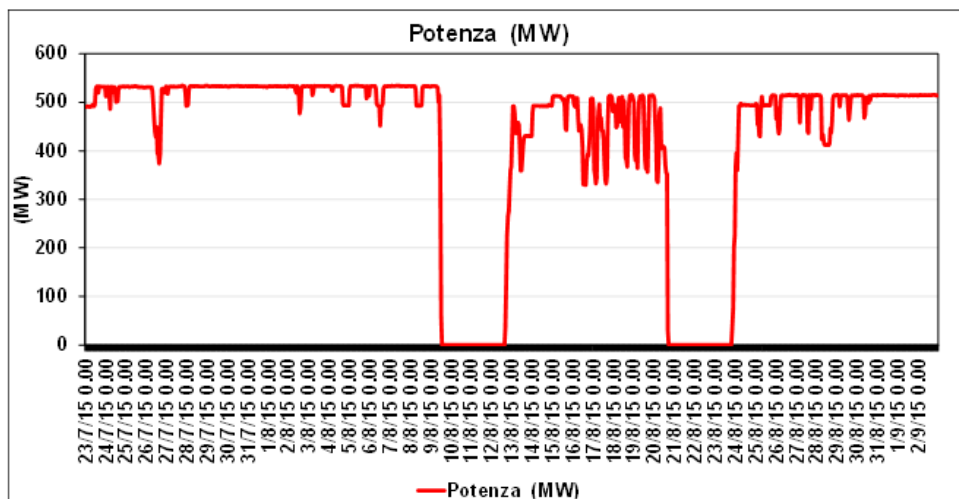


Figura 37 – Potenza generata dalla CTE durante la P18 15/1.

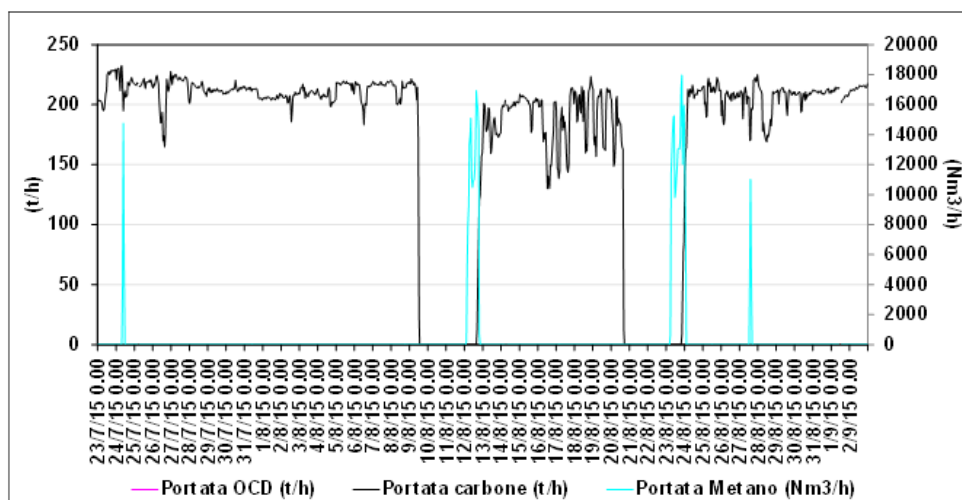


Figura 38 – Combustibili utilizzati dalla CTE durante la P18 15/1.

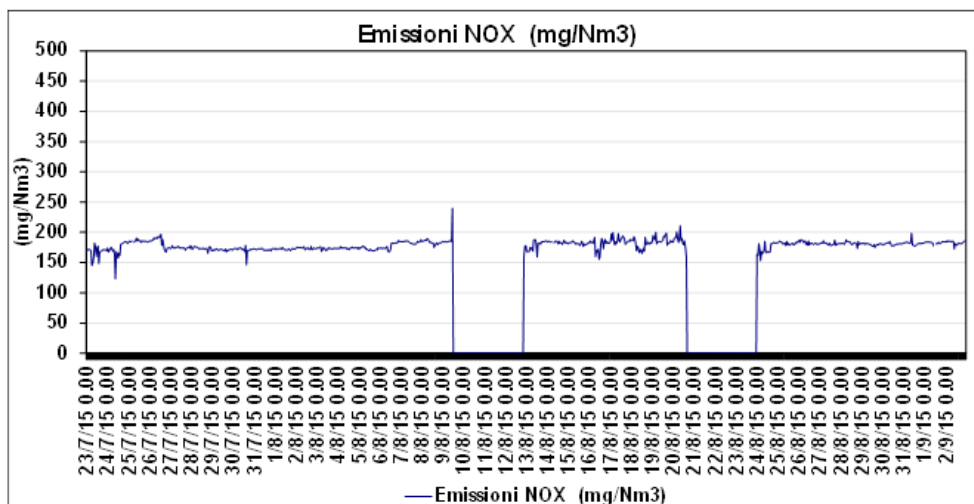


Figura 39– Emissioni di NOx dalla CTE durante la P18 15/1.

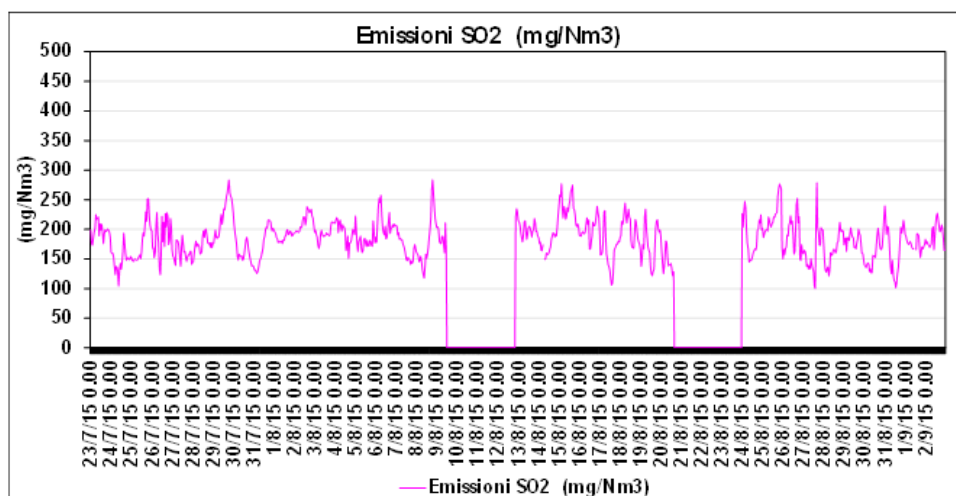
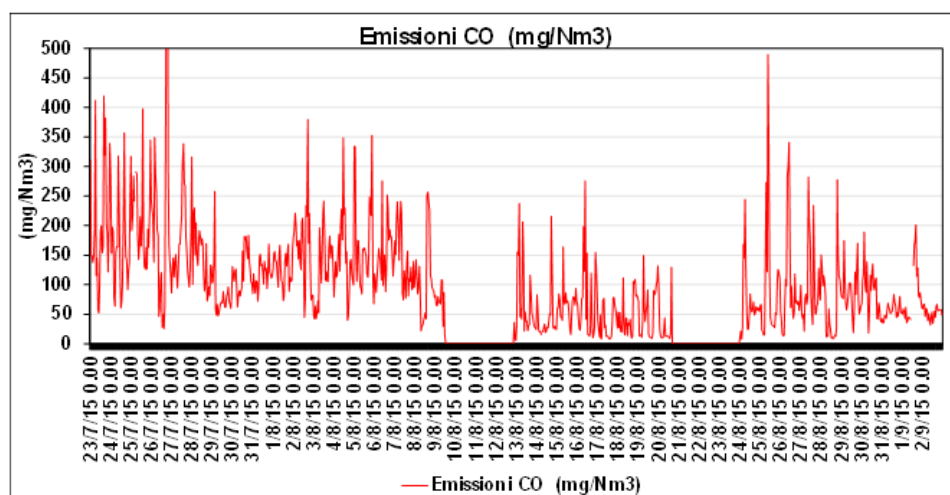

 Figura 40 – Emissioni di SO₂ dalla CTE durante la P18 15/1.


Figura 41 – Emissioni CO dalla CTE durante la P18 15/1.

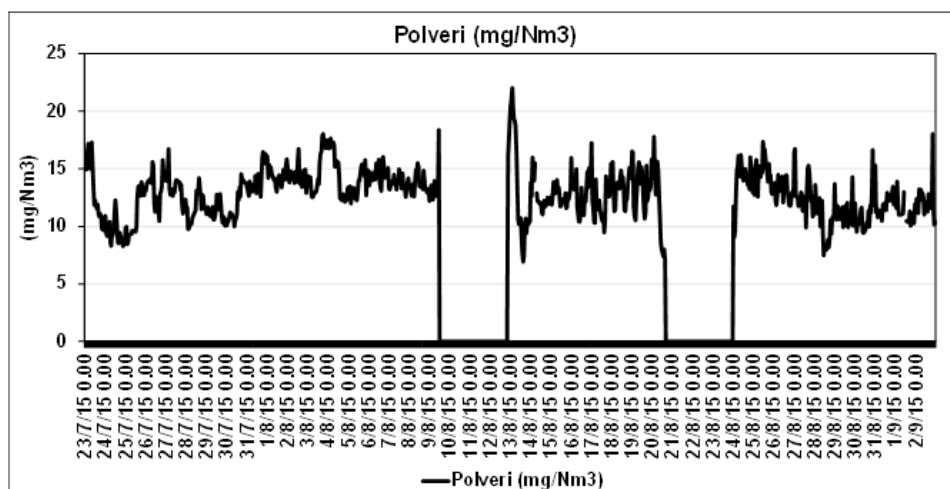


Figura 42 – Emissioni polveri dalla CTE durante la P18 15/1.

L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella **P18 15/2**, escludendo i valori registrati durante il periodo di fermata (dal 09/08 al 12/08 e dal 20/08 al 23/08) ad eccezione del parametro CO, sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro NO_x è 179 mg/Nm³, del parametro SO₂ è 184 mg/Nm³, del parametro polveri è 12,8 mg/Nm³ e del parametro CO è 108 mg/Nm³.

Per quanto riguarda il parametro CO anche in questa campagna si riscontra una notevole variabilità e dispersione di dati, come evidenziato dal calcolo della deviazione standard pari a 82 mg/Nm³.

Si riportano di seguito gli andamenti dei parametri caratteristici monitorati:

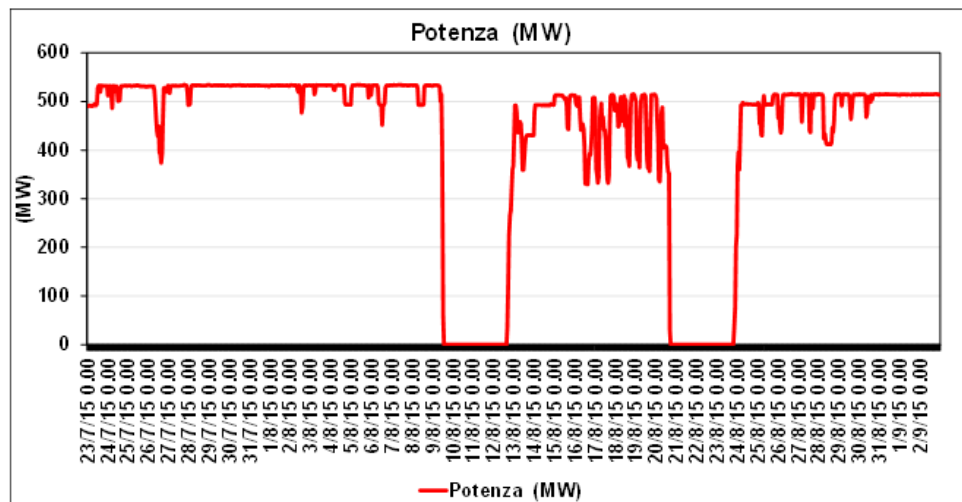


Figura 43 – Potenza generata dalla CTE durante la P18 15/2.

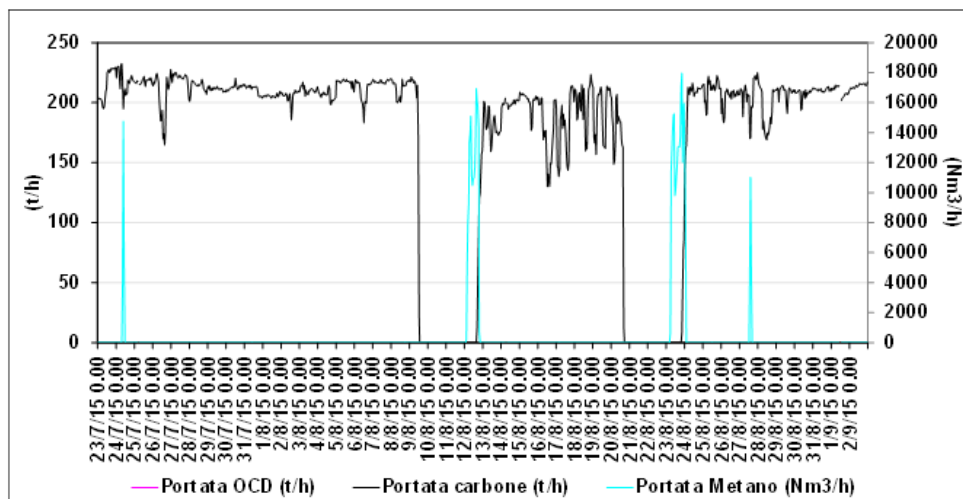


Figura 44 – Combustibili utilizzati dalla CTE durante la P18 15/2.

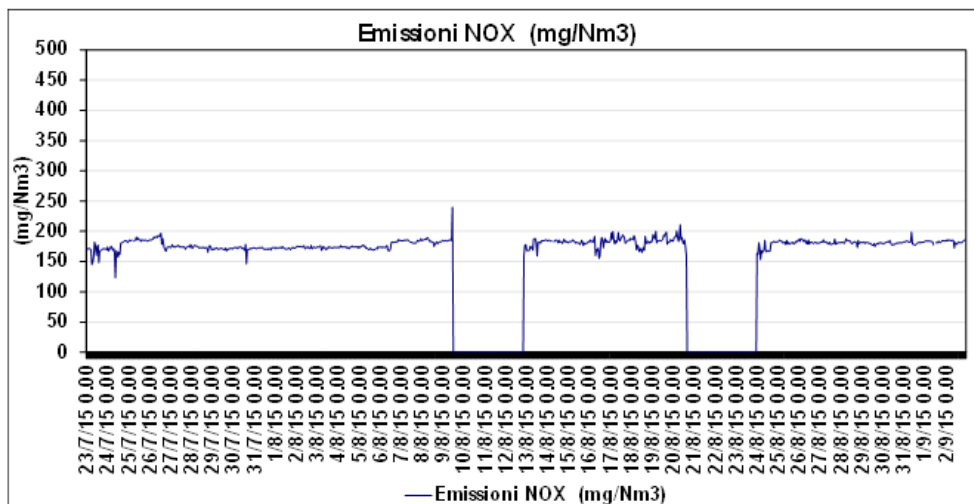


Figura 45 – Emissioni di NOx dalla CTE durante la P18 15/2.

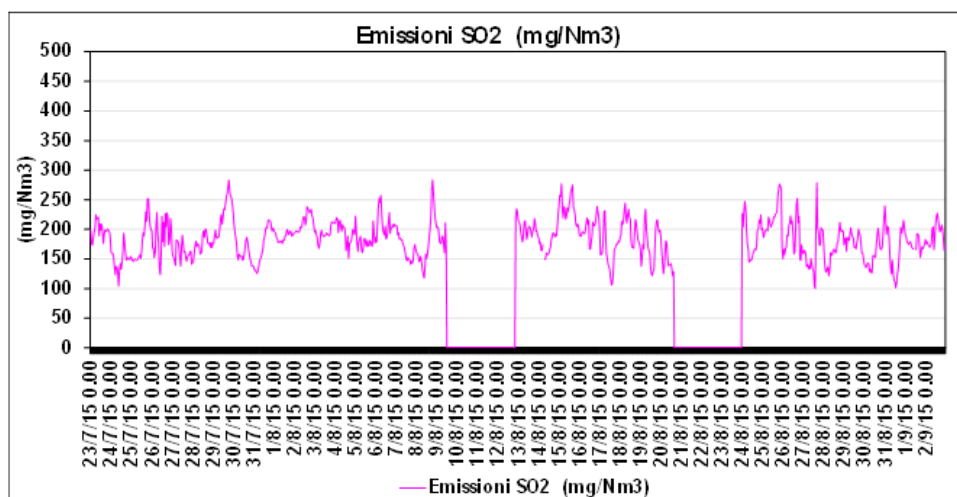


Figura 46 – Emissioni SO2 dalla CTE durante la P18 15/2.

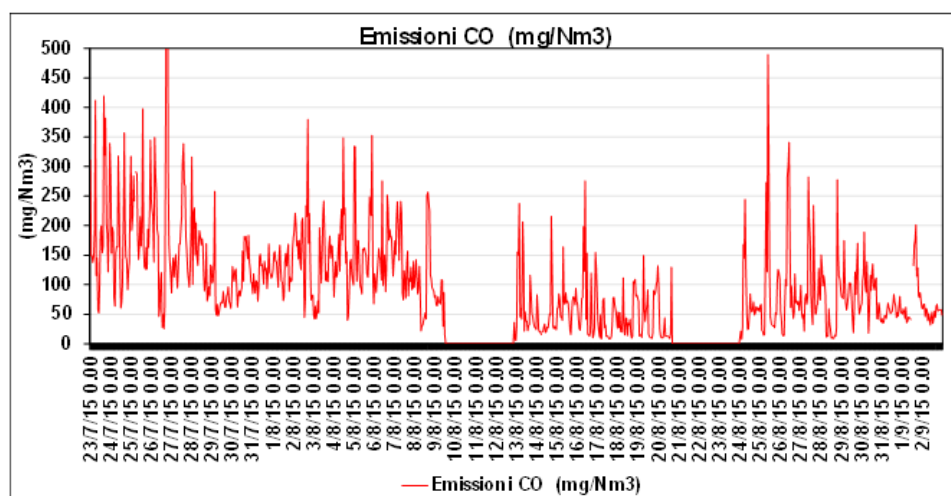


Figura 47 – Emissioni di CO dalla CTE durante la P18 15/2.

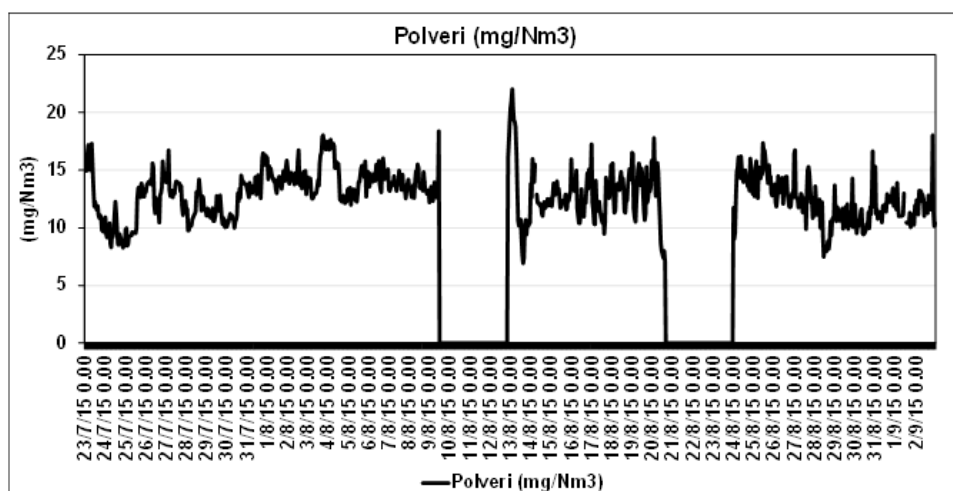


Figura 48 – Emissioni di polveri dalla CTE durante la P18 15/2.

Tenendo in considerazione il fermo impianto verificatosi, si è ritenuto opportuno procedere a richiedere alla soc. ENEL Produzione S.p.A. il valore delle massiche dei macroinquinanti emessi durante le campagne di monitoraggio **P18 15/1** e **P18 15/2**.

	Ore	CO [t]	SO ₂ [t]	NO _x [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	313	46,93	81,51	88,92	2,76
Massiche in transitorio	/	1,93	0,31	2,95	0,14
Totale periodo	/	48,86	81,82	91,87	2,9

Tabella 11 - Valori massici durante la campagna P18 15/1.

	Ore	CO [t]	SO ₂ [t]	NO _x [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	847	148,84	198,08	242,01	15,65
Massiche in transitorio	/	1,08	0,6	3,16	0,32
Totale periodo	/	149,92	198,68	245,17	15,96

Tabella 12 - Valori massici durante la campagna P18 15/2.

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 misurata del gruppo SP₃.

Ne risulta che a seguito dei periodi di fermo impianto, per la campagna **P18 15/1** (04/02-04/03) il decremento rispetto alle massiche teoriche per un funzionamento senza interruzioni è risultato essere del 65% circa, mentre per la campagna **P18 15/2** (23/07-02/09) il decremento è risultato essere del 27% circa.

Si è voluto allora valutare se l'operatività della centrale nel corso delle campagne fosse in linea con la operatività tipica di un periodo di riferimento più esteso (anno 2015).

Come evidenziato nella tabella che segue, l'impianto nel corso dell'anno 2015 ha subito diversi periodi di fermata quantificabili in circa il 34% del periodo di riferimento (122 giorni di non funzionamento e 243 giorni di funzionamento). Si precisa che dal 14/10/2015 al 22/12/2015 la CTE ha subito un fermo impianto di 69 giorni per manutenzioni straordinarie.

Data inizio	Data fine	Giorni di funzionamento	Giorni di fermata
01/01/15 0:00	29/1/15 16:00	29	-
29/01/15 16:00	11/02/15 1:00	-	14
11/2/15 1:00	14/2/15 16:00	4	-
14/2/15 16:00	16/2/15 3:00	-	1
19/2/15 18:00	20/2/15 9:00	1	-
20/2/15 9:00	23/2/15 3:00	-	3
23/2/15 3:00	7/3/15 0:00	12	-
7/3/15 0:00	8/3/15 12:00	-	2
8/3/15 12:00	13/4/15 23:00	36	-
13/4/15 23:00	20/4/15 21:00	-	7
20/4/15 21:00	12/6/15 16:00	53	-
12/6/15 16:00	20/6/15 16:00	-	8
20/6/15 16:00	4/7/15 13:00	14	-
4/7/15 13:00	8/7/15 18:00	-	4
8/7/15 18:00	18/7/15 10:00	10	-
18/7/15 10:00	22/7/15 14:00	-	4
22/7/15 14:00	9/8/15 13:00	18	-
9/8/15 13:00	12/8/15 5:00	-	3
12/8/15 5:00	20/8/15 17:00	9	-
20/8/15 17:00	24/8/15 0:00	-	3
24/8/15 0:00	14/10/15 13:00	52	-
14/10/15 13:00	22/12/15 2:00	-	69
22/12/15 2:00	25/12/15 22:00	4	-
25/12/15 22:00	30/12/15 2:00	-	4
30/12/15 2:00	31/12/15 10:00	1	-

Tabella 13 – Operatività della Centrale della Spezia nell'anno 2015.

Pertanto ne deriva che il gruppo SP3 durante la campagna **P18 15/1**, ha registrato un'operatività inferiore di circa il 31% rispetto a quella di tutto l'anno 2015, mentre durante la campagna **P18 15/2** l'operatività è risultata superiore di circa il 7%.

Il Gestore ha inoltre fornito il rapporto annuale relativo all'anno 2015, con nota prot. ENEL n.14837 del 29/04/2016, dal quale si evince che il gruppo SP3 ha emesso un quantitativo di massiche di polveri pari a 66 t, pertanto le massiche di polvere emesse durante il periodo della campagna di monitoraggio **P18 15/1** sono risultate inferiori del 18% circa rispetto a quelle mediamente emesse dal gruppo SP3 durante l'anno 2015, mentre durante il periodo della campagna di monitoraggio **P18 15/2** sono risultate superiori dell'67% circa rispetto alla media annuale del 2015.

5 RISULTATI DELLE CARATTERIZZAZIONE DELLE DEPOSIZIONI

Le campagne del 2015, come introdotto in precedenza, sono state suddivise in due periodi di monitoraggio, di circa un mese ciascuno:

- prima campagna 2015, indicata nel seguito come **P18 15/1**: dal 04/02/2015 al 04/03/2015, con la centrale operativa e con scarico da parte di navi carboniere;
- seconda campagna 2015, indicata nel seguito come **P18 15/2**: dal 23/07/2015 al 02/09/2015, con la centrale operativa e con scarico da parte di navi carboniere.

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 P18 15/1 (Centrale in esercizio – scarico del carbone)						
Banchina ENEL	BE	04/02/2015	04/03/2015	28	76	116
Bypass	BY	04/02/2015	06/03/2015	30	123	127
Torre 4	T4	04/02/2015	04/03/2015	28	152	127
Torre 7	T7	04/02/2015	04/03/2015	28	58	110
Diffusore	DF	04/02/2015	04/03/2015	28	52	114
Campagna P18 15/2 (Centrale in esercizio – scarico del carbone)						
Banchina ENEL	BE	23/07/2015	02/09/2015	41	13	174
Bypass	BY	23/07/2015	02/09/2015	41	54	202
Torre 4	T4	23/07/2015	02/09/2015	41	64	188
Torre 7	T7	23/07/2015	02/09/2015	41	46	202
Diffusore	DF	23/07/2015	02/09/2015	41	35	188

Tabella 14 – Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili e entità precipitazioni.

In entrambe le campagne, le precipitazioni sono state abbondanti con una maggiore piovosità nella seconda campagna. I ratei di deposizione delle polveri insolubili nei due periodi sono confrontati nella figura seguente. Sono riportate anche le entità delle precipitazioni:

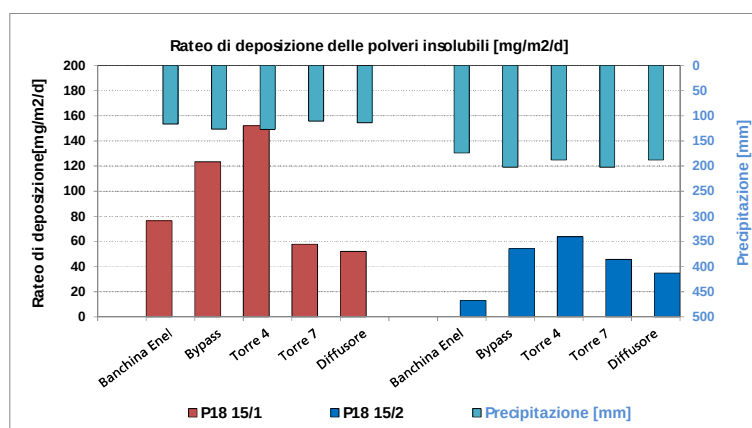


Figura 49 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili.

Dalla figura si nota che in tutte le postazioni le deposizioni sono state maggiori durante la campagna invernale **P18 15/1** (intervallo dei ratei 52 – 152 mg/m²/d) rispetto a quelle della successiva campagna estiva **P18 15/2** (intervallo dei ratei 13 – 64 mg/m²/d). Come si vedrà meglio nel cap. 7, i ratei di deposizione della campagna estiva **P18 15/2** sono paragonabili a quelli delle campagne del 2014 mentre solo i ratei di Bypass e Torre 4 della campagna **P18 15/1** risultano superiori a quelli misurati in precedenza.

Il contesto delle deposizioni rimane comunque quantitativamente modesto (v. par 5.1.1), e, a parte i due casi citati, tutte le altre deposizioni non eccedono i 100 mg/m²/d. Sebbene la campagna **P18 15/1** sia stata effettuata con intenso scarico di carbone (v. cap 4), ben superiore a quello che avviene di consuetudine, possono aver concorso alle deposizioni di polveri anche altri fattori stagionali e locali, come la variazione della viabilità nella zona della banchina ENEL e la presenza di un cantiere stradale in adiacenza di Torre 4. Più precisamente la modifica ha riguardato il tratto viabilistico monte - mare istituito in Via Valdilocchi, tra la rotatoria Metro e l'ingresso dell'autostrada, dal 16/10/2013 all'11/02/2015.

Vale quindi l'osservazione fatta relativamente alle deposizioni del 2014 che anche le variazioni osservate potrebbero in realtà rientrare nella variabilità insita nella misura e nelle caratteristiche del sito, specie quando si confrontano periodi temporalmente diversi. Nel cap. 7, sono appunti confrontati i ratei di deposizione del 2015 con quelli rilevati in precedenza.

5.1.1 Valutazione della entità della polverosità

I valori riscontrati nell'area in esame relativi alla entità delle deposizioni di polveri nelle due campagne del 2015 (intervallo compreso tra 52 e 152 mg/m²/d nella campagna **P18 15/1** e tra 13 e 64 mg/m²/d nella campagna **P18 15/2**), si collocano complessivamente ben al di sotto dei valori di riferimento adottati da alcune nazione europee, che sono riportati di seguito:

Stato	Rateo deposizione [mg/m ² /d]	Riferimento
Germania (media annua)	350	TA Luft, 2002
Austria (media annua)	210	Gesamte Rechtsvorschrift für Immissionsschutzgesetz-Luft, Fassung vom, 2013
Svizzera (media annua)	200	Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA 1986), media aritmetica annuale
Slovenia (media annua)	200	Decree on limit values, alert thresholds and critical imission values for substances into the atmosphere). (Ur. L. RS št.73/1994)
Norvegia	167	Espresso come 5 g/m ³ /30 giorni. Norway, 2004. Forskrift om begrensning av forurensning, FOR 2004-06-01 nr 931. (Regulation on limitation of pollution).
Belgio-Fiandre (media mensile)	350	VLAREM II order of the Flemish Government of 1 June 1995 concerning General and Sectoral provisions relating to Environmental Safety. Appendix 2.5.2. Environmental quality standards for particulate fallout
Regno Unito e Scozia (media mensile)	200	Environment Agency, 2013
Irlanda	< 30 in aree rurali, 80-130 aree urbane e industriali	Irish Institute for Industrial Research and Standards, 1981

Tabella 15 - Valori di riferimento europei per la deposizione di polveri ¹².

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

¹² Si veda anche G. Settimo "Evoluzione storica e normativa delle deposizioni atmosferiche e stato dell'arte nazionale", Seminario Depositioni atmosferiche, Brescia, 2014. Consultabile al sito: http://ita.arpalombardia.it/ITA/area_download/index

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 16 - Classi di Polverosità in funzione del tasso di deposizione ¹².

I ratei misurati alla Spezia nel 2015, sebbene limitati a pochi mesi, sono comunque indicativi di una modesta polverosità, come già riscontrato nel 2014. A seconda del valore di riferimento europeo usato per il confronto (200 o 350 mg/m²/d - Tabella 15), i ratei misurati nelle postazioni della Spezia risultano da 1,3 a 27 volte inferiori.

Come già sopra introdotto, nella maggior parte dei casi non si sono superati i 100 mg/m²/d di polveri depositate e, secondo gli indici di polverosità della Tabella 16, la polverosità è da considerarsi "praticamente assente". Nei due casi sopra citati di ratei che hanno superato il valore di 100 mg/m²/d, ma non quello di 250 mg/m²/d, la polverosità è da considerarsi "bassa".

5.2 Contenuto di metalli nelle deposizioni di polveri insolubili

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione dei metalli determinati in accordo con quanto previsto dalla prescrizione 18. In particolare, i ratei dei metalli inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati espressi come metà dello stesso limite e sono indicati in corsivo. 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 15/1	0,34	0,03	16,84	0,011	7,23	9,79	10,76	31,20	0,01	5,70
Banchina Enel	P18 15/2	0,21	0,09	3,69	0,054	1,62	2,60	5,11	4,48	0,14	0,94
Bypass	P18 15/1	0,61	0,07	27,54	0,014	16,14	23,76	27,13	72,73	0,03	11,53
Bypass	P18 15/2	0,42	0,10	10,87	0,054	7,50	34,64	32,19	28,60	0,14	5,42
Torre 4	P18 15/1	0,66	0,05	17,56	0,020	6,25	8,11	14,61	23,73	0,03	8,22
Torre 4	P18 15/2	0,47	0,07	10,11	0,054	3,90	8,37	15,72	15,15	0,14	5,08
Torre 7	P18 15/1	0,51	0,02	13,50	0,012	4,81	3,29	8,04	17,51	0,01	5,13
Torre 7	P18 15/2	0,52	0,07	9,28	0,054	2,27	6,61	6,59	8,39	0,14	4,44
Diffusore	P18 15/1	0,20	0,02	11,41	0,004	4,88	4,41	19,88	21,23	0,01	4,28
Diffusore	P18 15/2	0,24	0,08	10,53	0,054	2,90	11,92	13,93	9,53	0,14	3,06

 Tabella 17 - Ratei di deposizione di metalli nelle due campagne estive. Valori in µg/m²/d.

In buon accordo con quanto riscontrato per le deposizioni di polveri insolubili, le deposizioni dei metalli in Banchina Enel sono diminuite tra la campagna **P18 15/1** e la **P18 15/2**, salvo per il piombo che risulta aumentato in Bypass, Torre 7 e Diffusore, equivalente in Torre 4 e diminuito in Banchina Enel.

L'apparente aumento delle deposizioni di mercurio e tallio tra la prima e la seconda campagna del 2015 sono in realtà dovute ai differenti limiti di rilevabilità dei laboratori che hanno eseguito le analisi. Come infatti introdotto nel cap. 2, le analisi delle deposizioni della campagna **P18 15/1** sono state eseguite da CESI mentre quelle della campagna **P18 15/2** sono state eseguite da ARPAL.

Di seguito sono mostrati gli andamenti dei ratei delle deposizioni dei metalli in ciascuna postazione:

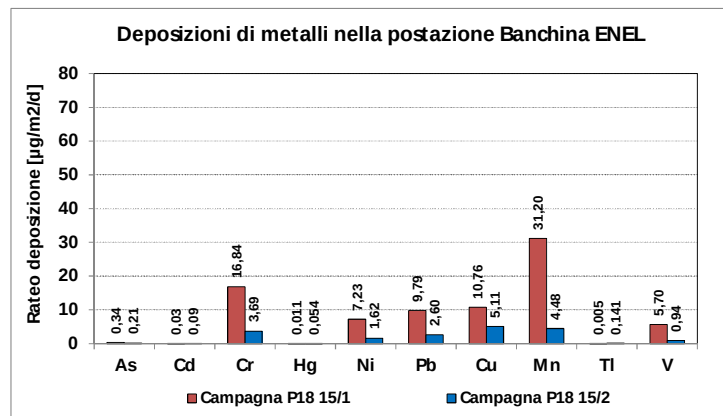


Figura 2 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Banchina Enel.

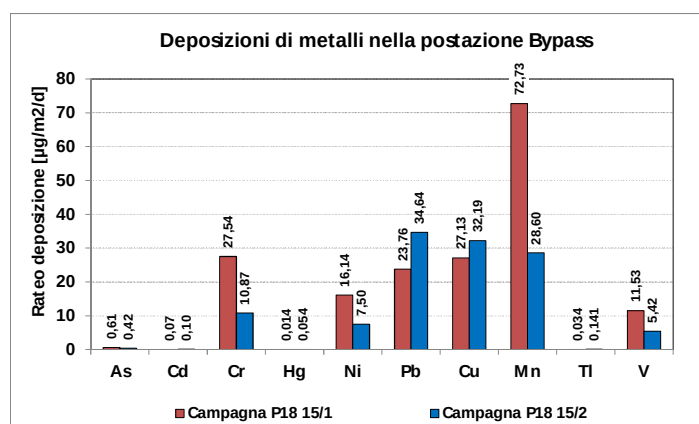


Figura 51 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Bypass.

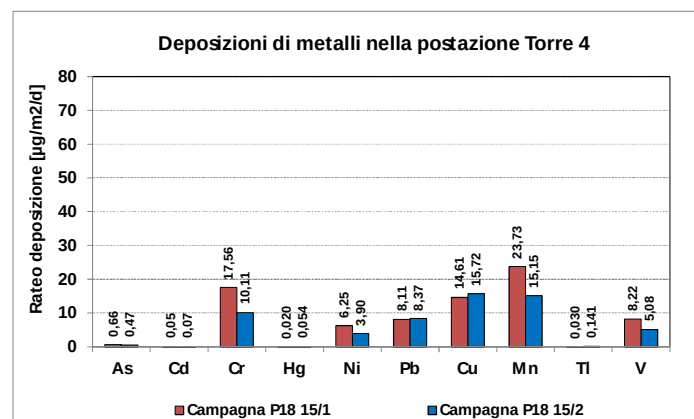


Figura 52 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Torre 4.

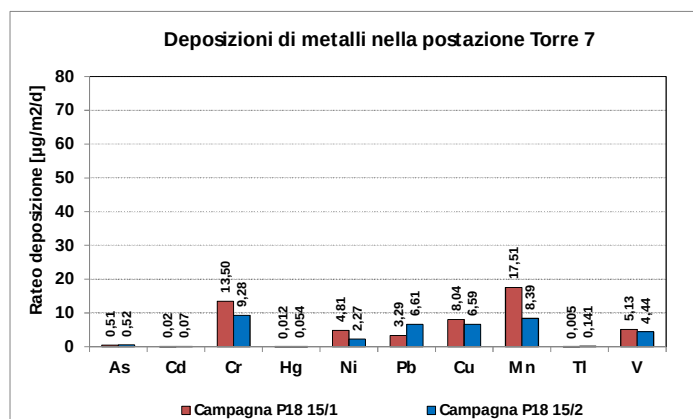


Figura 53 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Torre 7.

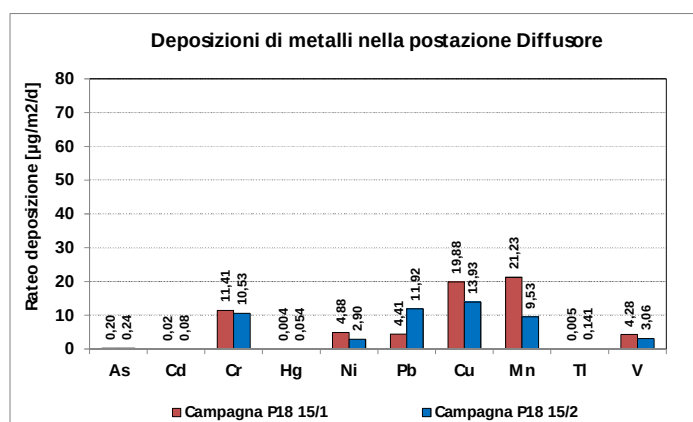
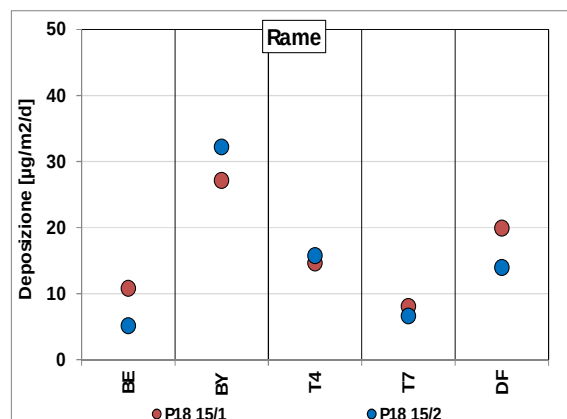
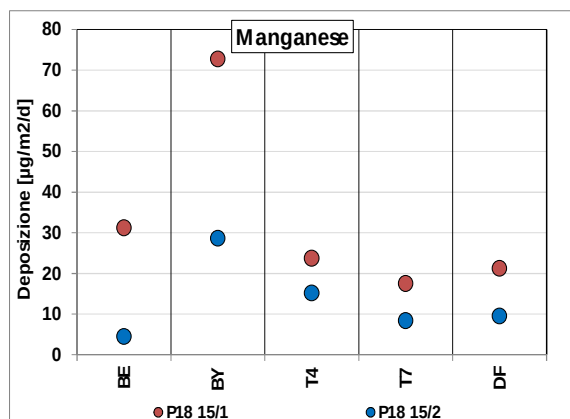


Figura 54 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Diffusore.

Nelle figure che seguono, i ratei di deposizione dei metalli maggioritari nelle due campagne 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 4 (T4) e infine Torre 7 (T7). La postazione di Diffusore (DF), più lontana dall'asse di movimentazione del carbone, è stata collocata in fondo alle figure. L'ordine di presentazione delle deposizioni dei metalli è: Mn, Cu, Cr, Pb, Ni, V.



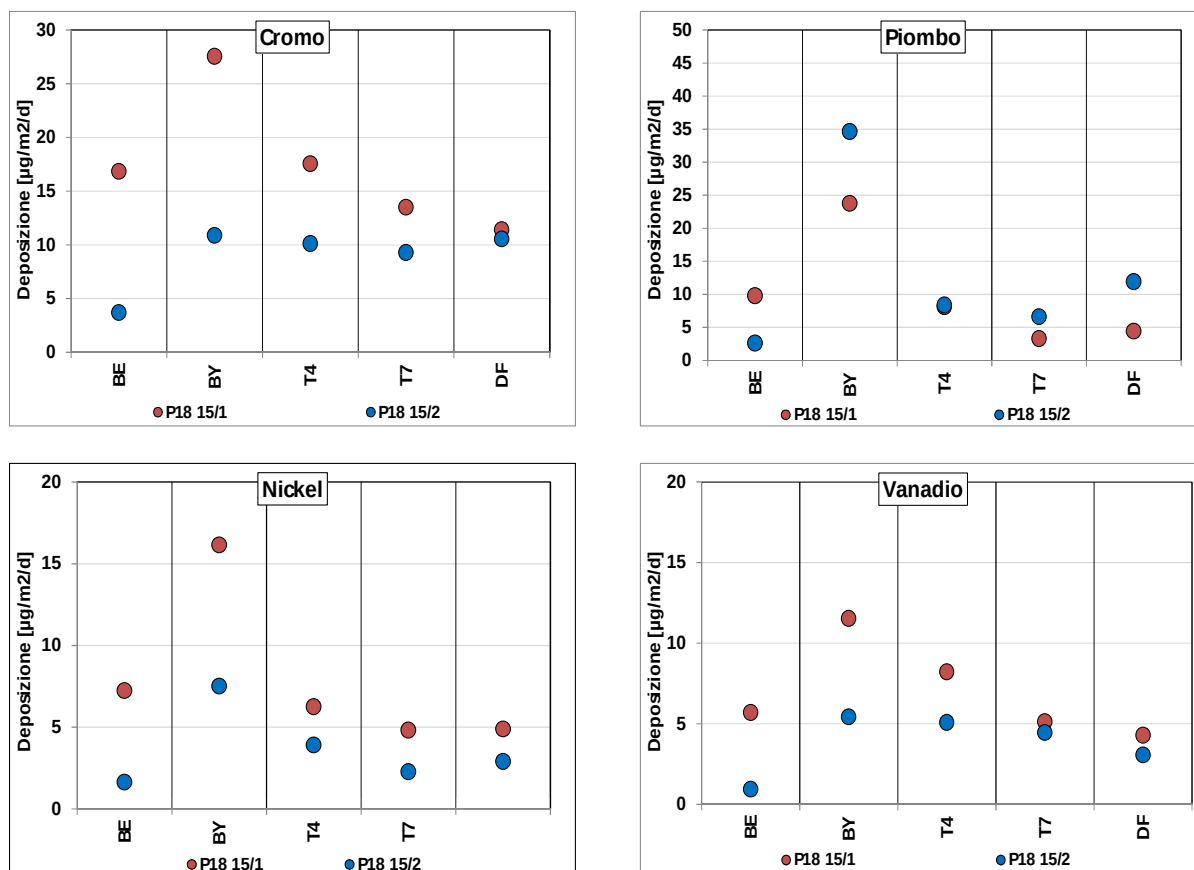


Figura 55 - Ratei di deposizione dei metalli maggioritari nelle postazioni ordinati lungo l'asse di movimentazione del carbone.

Nelle campagne del 2015, il massimo relativo di deposizione per tutti i metalli maggioritari presi in considerazione si è sempre avuto nella postazione di Bypass e le deposizioni hanno avuto un andamento decrescente allontanandosi dall'area di costa verso Torre 7. Tale andamento non segue, però strettamente quello delle deposizioni delle polveri visto sopra, in quanto, in entrambe le campagne le deposizioni maggiori di polveri si sono avute in Torre 4 in cui le deposizioni dei metalli maggioritari sono state di molto inferiori a quelle di Bypass e paragonabili a quelle di Banchina ENEL e Torre 7. Complessivamente, le deposizioni dei metalli maggioritari sono rimaste comprese entro un intervallo simile e relativamente ristretto in tutte le postazioni esclusa quella di Bypass e spesso le deposizioni minori si sono avute in Banchina ENEL.

Si esclude, inoltre, che la maggiore quantità di carbone movimentata durante la campagna **P18 15/1** abbia influito in maniera significativa sulle deposizioni di polveri, in quanto le deposizioni di polveri e metalli in Banchina ENEL sono risultate di poco superiori a quelle di Diffusore, postazione non influenzata dallo scarico del carbone. Durante la campagna **P18 15/2**, con scarico di carbone "normale", le deposizioni di polveri e metalli in Banchina ENEL sono risultate le minime di tutte le postazioni.

L'andamento spaziale delle deposizioni dei metalli minoritari sono presentate di seguito per completezza di esposizione:

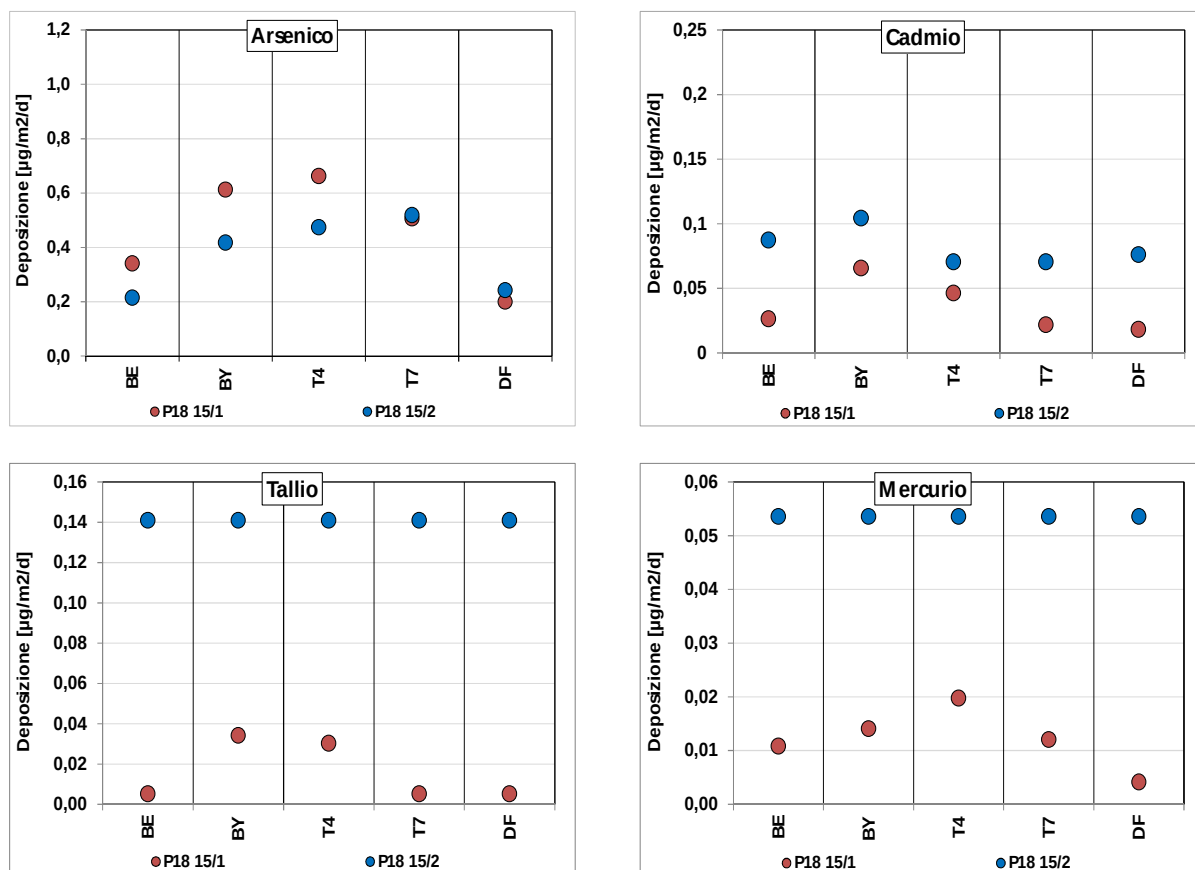


Figura 56 - Ratei di deposizione dei metalli minoritari nelle postazioni ordinati lungo l'asse di movimentazione del carbone.

Considerando i bassi valori dei ratei di deposizione di As e Cd, le differenze tra le due campagne sono minime. Le deposizioni di Cd, inoltre sono risultate maggiori nella campagna **P18 15/2**, quella con inferiore movimentazione di carbone.

Per quanto concerne Tl e Hg, ricordando che le analisi delle deposizioni sono state eseguite da due differenti laboratori (CESI per la campagna **P18 15/1** e ARPAL per quella **P18 15/2**), i diversi limiti di rilevabilità impediscono di fare confronti tra le due campagne. I valori ARPAL sono al limite di quantificazione, generalmente più alto, che viene utilizzato in luogo del limite di rilevabilità. I valori nonostante siano più alti rispetto a quelli misurati da CESI nella prima campagna, risultano comunque molto bassi.

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

5.2.1 Confronto delle deposizioni di metalli con valori di riferimento

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

Metallo	Aree rurali	Aree urbane	Aree industriali
As [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0,082 - 0,43	0,22 - 3,4	2,0 - 4,3
Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0,011 - 0,14	0,16 - 0,90	0,12 - 4,6
Ni [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$]	0,03 - 4,3	5 - 11	2,3 - 22

Tabella 18 - Ratei di deposizioni di As, Cd e Ni in aree europee omogenee per tipologia.

Per questo scopo, i grafici in Figura 9 riportano i ratei di deposizione di As, Cd, e Ni rilevati nelle due campagne nelle postazioni di monitoraggio (BE- Banchina ENEL, BY- Bypass, T₄-Torre 4, T₇-Torre 7 e DF-Diffusore).

Nelle figure, la banda in verde chiaro indica l'intervallo di deposizione delle aree rurali, mentre quella in azzurro indica l'intervallo delle aree urbane.

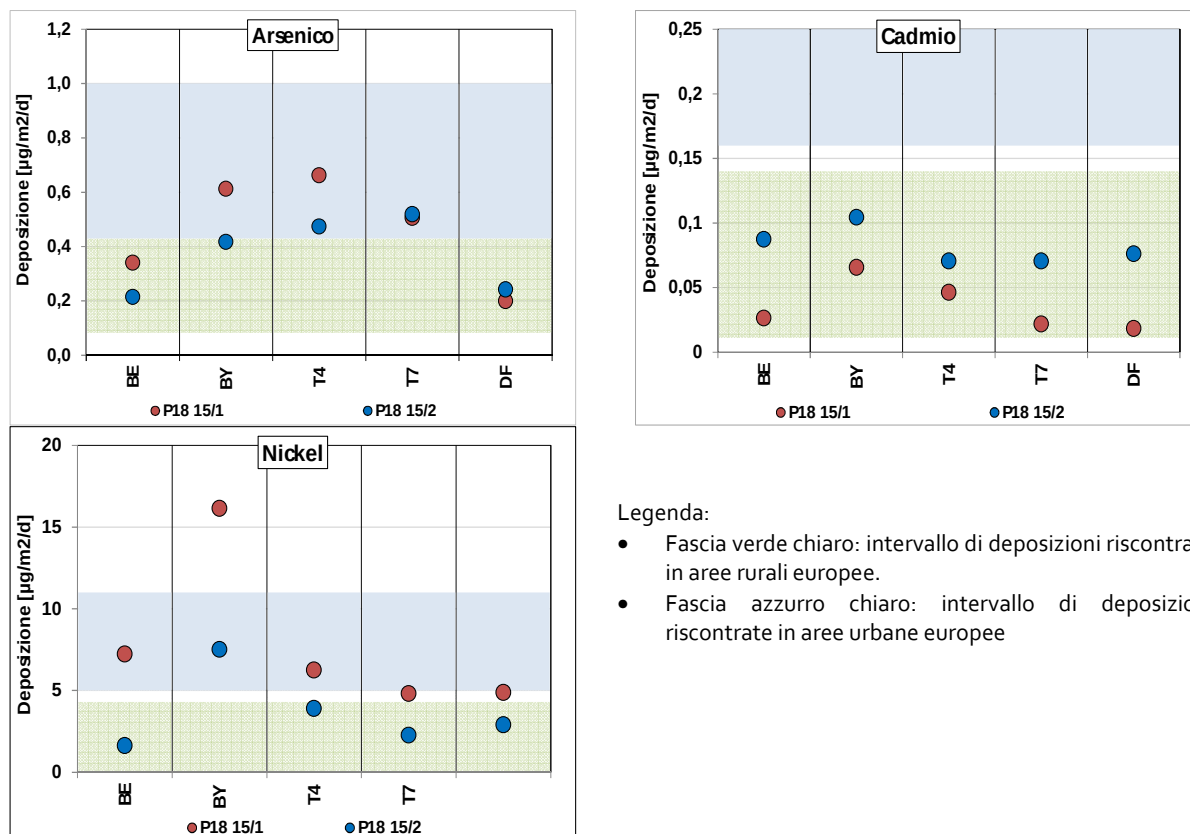


Figura 57 – Ratei di deposizione di As, Cd e Ni alla Spezia, confrontati con gli intervalli riscontrabili in aree rurali ed urbane europee.

I ratei di deposizione di **arsenico** e **cadmio** riscontrati alla Spezia non hanno mai ecceduto quelli tipici delle aree urbane e, specie per il Cd, in massima parte sono rimasti entro l'intervallo riscontrabile in aree rurali. Per quanto riguarda il **nickel**, in un solo caso (Bypass durante la campagna **P18 15/1**) si è avuta una deposizione paragonabile a quella di aree industriali mentre tutti gli altri valori sono rimasti compresi nell'intervallo tipico di aree rurali o aree urbane.

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 [µg/m ² /d]	Cd [µg/m ² /d]	Ni [µg/m ² /d]	Pb [µg/m ² /d]	Hg [µg/m ² /d]	Tl [µg/m ² /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 19 - Valori guida europei di alcuni metalli nelle deposizioni atmosferiche¹³.

¹³ 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

Prendendo come riferimento i valori guida della Germania (in quanto considera il maggior numero dei metalli analizzati) e considerando ai fini di confronto il valore massimo delle deposizioni rilevato nelle differenti postazioni (v. successiva Tabella 20), si può osservare che i ratei riscontrati alla Spezia sono inferiori di circa 6-17 volte per quanto riguarda l'As; 20-29 volte per il Cd; 3-15 volte per il Pb, 19 volte per il Hg e 14 volte per il Tl, rispetto a quelli della Germania. Relativamente agli ultimi due metalli, per il confronto sono stati utilizzati i valori di ARPAL, tutti inferiori al limite. Per quanto riguarda il Ni, in un solo caso, si avrebbe un superamento del valore guida tedesco, ma a causa delle possibili notevoli escursioni dei valori durante l'anno, i ratei di deposizione dovrebbero essere valutati come media annuale e non su singole campagne.

Postazione	As [µg/m³/d]	Cd [µg/m³/d]	Ni [µg/m³/d]	Pb [µg/m³/d]	Hg [µg/m³/d]	Tl [µg/m³/d]
Banchina Enel	0,34	0,09	7,23	9,79	0,054	0,14
Bypass	0,61	0,10	16,1	34,6	0,054	0,14
Torre 4	0,66	0,07	6,25	8,37	0,054	0,14
Torre 7	0,52	0,07	4,81	6,61	0,054	0,14
Diffusore	0,24	0,08	4,88	11,92	0,054	0,14
Germania	4	2	15	100	1	2

Tabella 20 - Valori massimi delle deposizioni di alcuni metalli nelle due campagne di monitoraggio del 2015.

Nelle campagne del 2015, le deposizioni sono risultate basse come nelle precedenti. Alcune considerazioni sulle campagne del 2014-'15 sono incluse nel cap. 7.

5.2.2 Andamento delle 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 µg/g.

Postazione	Campagna	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Mn	Tl	V
Banchina Enel	P18 15/1	4,5	0,3	221	0,14	95	128	141	409	0,1	75
Banchina Enel	P18 15/2	16,5	6,7	284	4,13	125	200	394	345	10,9	72
Bypass	P18 15/1	5,0	0,5	223	0,11	131	193	220	589	0,3	93
Bypass	P18 15/2	7,7	1,9	200	0,99	138	638	593	527	2,6	100
Torre 4	P18 15/1	4,4	0,3	115	0,13	41	53	96	156	0,2	54
Torre 4	P18 15/2	7,4	1,1	158	0,84	61	131	246	237	2,2	80
Torre 7	P18 15/1	8,7	0,4	233	0,21	83	57	139	303	0,1	89
Torre 7	P18 15/2	11,3	1,5	203	1,17	50	144	144	183	3,1	97
Diffusore	P18 15/1	3,8	0,3	219	0,08	94	85	382	407	0,1	82
Diffusore	P18 15/2	6,9	2,2	302	1,54	83	342	399	273	4,0	88

Tabella 21 – 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 due campagne sono confrontate graficamente mediante istogrammi. Sopra le barre è indicato il valore della concentrazione di metalli riscontrata.

Le concentrazioni di metalli nelle deposizioni delle due campagne per la postazione di Banchina ENEL sono mostrate di seguito:

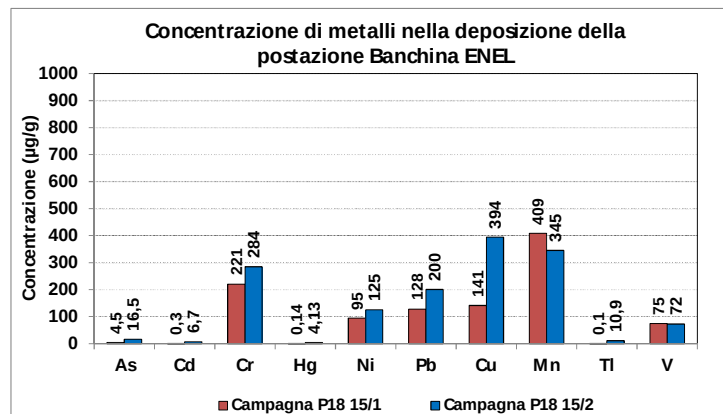


Figura 58 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni di Banchina Enel.

A parte Mn e V, aventi praticamente la medesima concentrazione nelle polveri delle due campagne, gli altri metalli risultano arricchiti nella campagna **P18 15/2**, quella con minore deposizione di polveri. Molto evidente è la differenza di concentrazione del Cu nelle polveri delle due campagne, che suggerisce la presenza di una sorgente specifica nella seconda campagna. Complessivamente, in Banchina ENEL, risulta che i maggiori ratei di deposizione dei metalli nella campagna **P18 15/1** sono stati dovuti a polveri meno ricche in metalli.

Le concentrazioni di metalli nelle deposizioni delle due campagne per la postazione di Bypass sono mostrate di seguito:

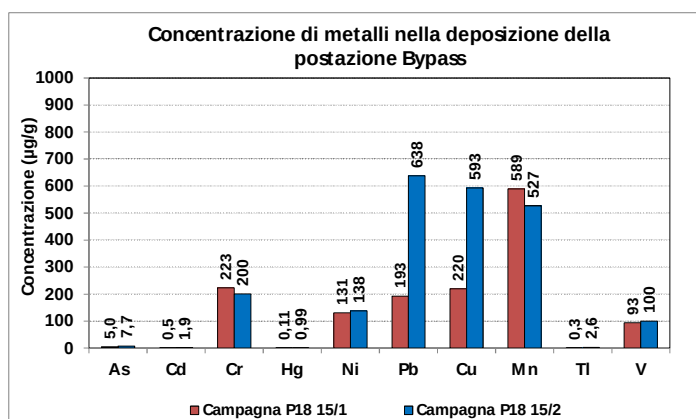


Figura 59 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Bypass.

Per la postazione di Bypass, le polveri depositate risultano avere concentrazioni equivalenti di Cr, Ni, Mn e V. Si nota inoltre un forte aumento della concentrazione di Pb e Cu nelle polveri depositatesi nella seconda campagna. Un leggero aumento è stato riscontrato anche per l'As, ma è da considerarsi poco indicativo per le basse concentrazioni di questo metallo e per la sensibile diminuzione in termini di rateo di deposizione. Tra la prima e la seconda campagna si sono depositate differenti quantità di polveri aventi però una composizione molto simile, a parte il caso del Pb e del Cu della campagna **P18 15/2**.

Le concentrazioni di metalli nelle deposizioni delle due campagne per la postazione di Torre 4 sono mostrate di seguito:

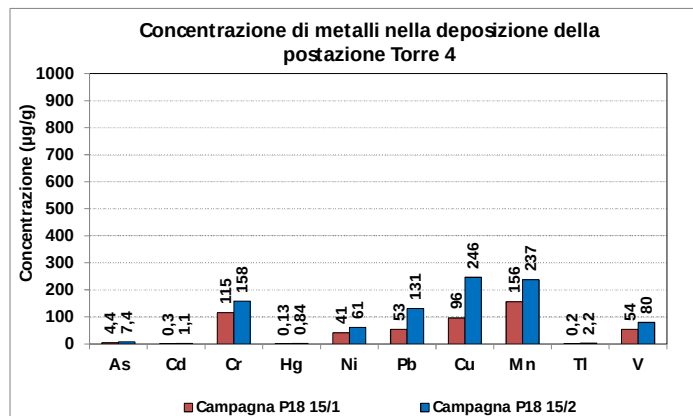


Figura 60 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Torre 4.

Per tutti i metalli, vi è stato un aumento della loro concentrazione nelle polveri della seconda campagna, sebbene vi sia stata una netta diminuzione dei ratei di polveri depositate, ma spesso anche dei ratei dei metalli.

Le concentrazioni di metalli nelle deposizioni delle due campagne per la postazione di Torre 7 sono mostrate di seguito:

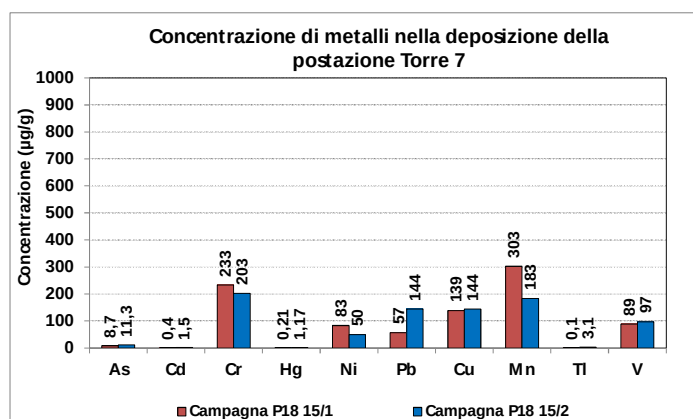


Figura 61 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Torre 7.

A Torre 7, nelle due campagne si sono depositate polveri aventi la medesima concentrazione di Cr, Cu e V, un po' più ricche in Ni e Mn nella prima campagna e di Pb nella seconda.

Le concentrazioni di metalli nelle deposizioni delle due campagne per la postazione di Diffusore sono mostrate di seguito:

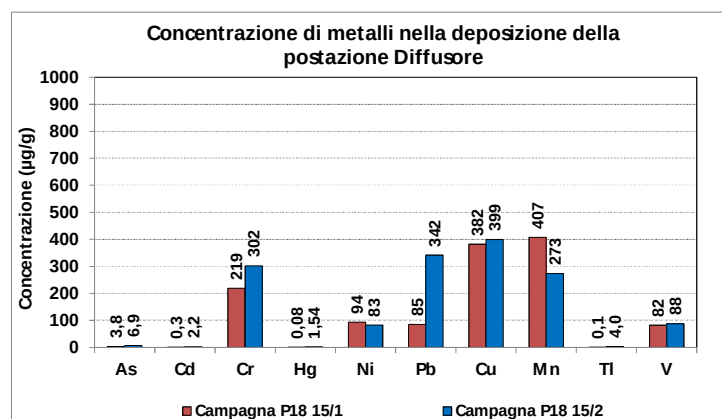


Figura 62 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Diffusore.

Le concentrazioni di Ni, Cu e V sono risultate equivalenti nelle polveri depositate nelle due campagne mentre nella seconda campagna le polveri sono risultate più ricche in Cr e soprattutto Pb, ma con una concentrazione inferiore di Mn.

Da quanto sopra esposto, risulterebbe quindi che le polveri depositate hanno spesso un contenuto simile per molti metalli, ma specie nella seconda campagna si sono avute concentrazioni più elevate di Cu e Pb nelle polveri. Per avere ulteriori elementi di valutazione, è stata eseguita una analisi di correlazione, riportata nel paragrafo che segue.

5.2.3 Confronto tra i profili dei metalli nelle polveri depositate

Per confermare o meno la similitudine qualitativa tra le polveri depositate in ciascuna postazione durante le due campagne, si è fatto ricorso ad una analisi di correlazione tra le **concentrazioni** dei metalli riscontrate in ciascuna postazione nelle due campagne. In particolare, si è valutato il coefficiente di correlazione lineare R^2 il quale assume il valore di +1 nel caso di massima correlazione positiva e zero in caso di assenza di correlazione.

I risultati della analisi di correlazione sono riportati nelle figure che seguono:

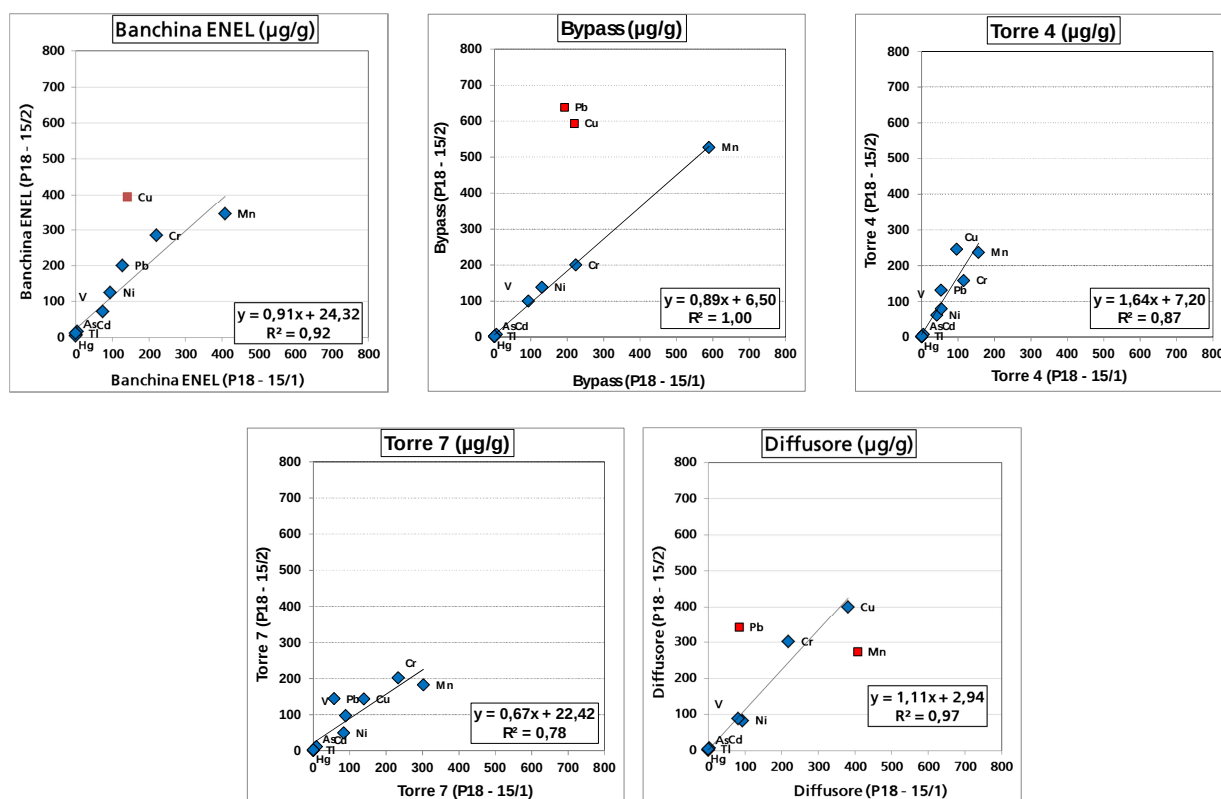


Figura 63 - Correlazione lineare tra le deposizioni di metalli di campagna P18 15/1 e P18 15/2.

In termini di concentrazione di metalli nelle polveri sedimentate, risulta che esse hanno una composizione simile tra le campagne **P18 15/1** e **P18 15/2** nelle postazioni di Banchina (a meno del rame), Bypass (a meno di rame e piombo), Diffusore (a meno di piombo e manganese), in quanto il coefficiente di correlazione lineare e la pendenza della retta di regressione sono entrambi prossimi all'unità. Le deposizioni "anomale" di rame, piombo e manganese sopra osservati sono probabilmente dovute a eventi estemporanei nell'arco dei monitoraggi.

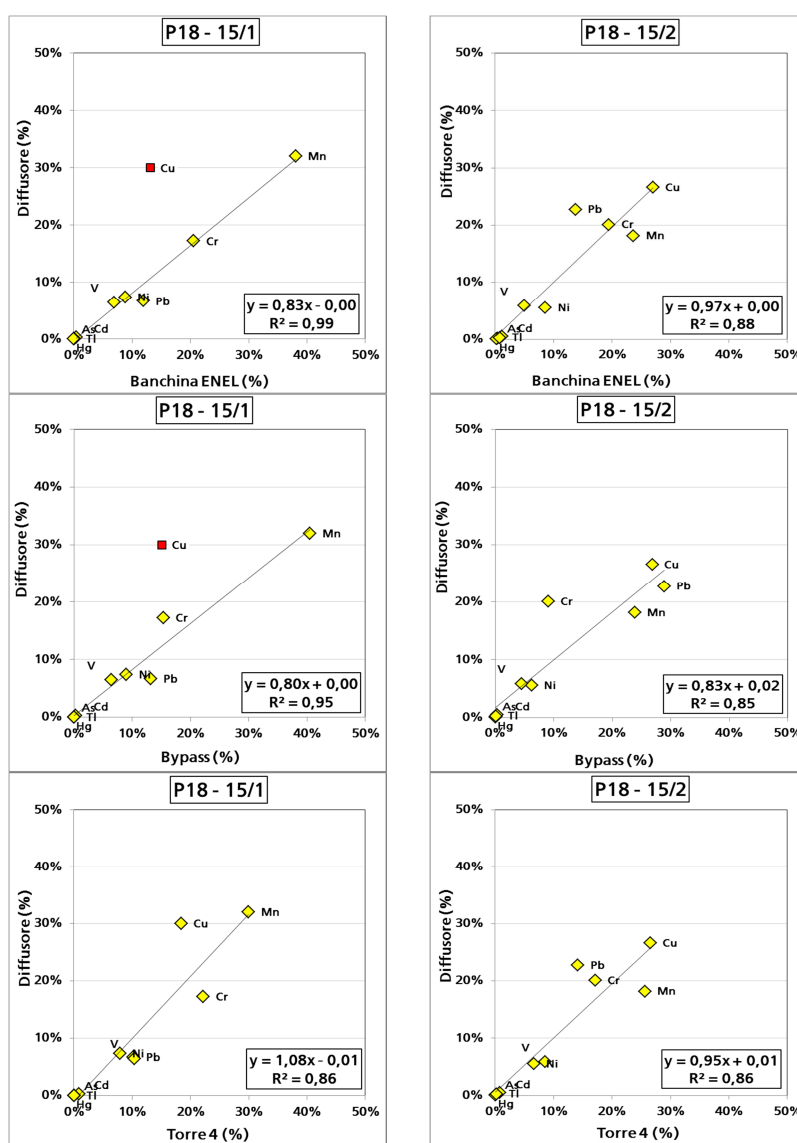
Relativamente alla composizione delle deposizioni avvenute in Torre 4 e Torre 7 si osserva un buon coefficiente di correlazione lineare (R^2) ma pendenze lontane dall'unità. Quindi, la composizione in

metalli è simile in termini qualitativi ma differisce in termini quantitativi. Nel caso di Torre 4, le polveri della campagna **P18 15/1** sono meno ricche di metalli rispetto a quelle della successiva campagna. Questo potrebbe essere dovuto alla presenza di polveri di carbone povere di metalli.

Nel caso invece di Torre 7 le polveri della campagna **P18 15/1** sono un po' più ricche di metalli rispetto a quelle della campagna **P18 15/2**, ma non da giustificare una sostanziale differenza.

Viste le risultanze sopra esposte, l'analisi di correlazione è stata approfondita eseguendo una valutazione della similitudine del profilo di metalli nelle polveri depositate nelle postazioni prossime alla zona di movimentazione del carbone e le analoghe della postazione Diffusore, la più lontana dalla zona di movimentazione del carbone.

Il profilo è stato ottenuto per ogni campione di deposizione, calcolando la percentuale di ogni singolo metallo rispetto alla somma degli stessi. Di seguito sono riportati i grafici di correlazione che confermano la similitudine qualitativa del profilo di metalli in tutte le deposizioni, a meno di alcuni casi relativi al solo rame:



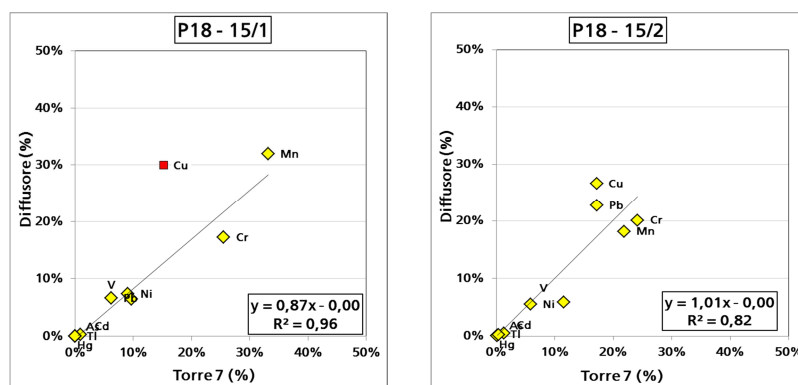


Figura 64- Correlazione tra i profili % dei metalli nelle deposizioni della campagna P18 15/1 e 15/2.

5.2.4 Confronto con i metalli nelle deposizioni di altre postazioni della Spezia

Per valutare eventuali relazioni con le deposizioni di altri punti di monitoraggio della Spezia, la concentrazione dei metalli nelle deposizioni delle postazioni della Prescrizione 18 è stata confrontata con quella delle deposizioni rilevate in alcune postazioni urbane della Prescrizione 14¹⁴. In particolare, le concentrazioni di metalli nelle deposizioni di Banchina ENEL, Bypass e Diffusore sono state confrontate con quelle di Follo, Fossamastra e Piazza Saint Bon per simili periodi temporali (P14 15/2 con P18 15/1 e P14 15/4 con P18 15/2. V. precedente nota 14). Nella tabella riportata di seguito, sono riassunte alcune caratteristiche di tali postazioni.

Postazione	Tipologia ARPAL	Significatività per le deposizioni
Fossamastra	Industriale urbana	Deposizioni industriali, traffico, porto.
Piazza Saint Bon	Traffico urbana	Traffico urbano
Follo	(ex RRQA ENEL)	Deposizioni industriali

Tabella 22 - Caratteristiche di alcune postazioni di monitoraggio della prescrizione 14.

Le postazioni di campionamento della Tabella 22 sono classificate come di tipo urbano e industriale. Nella figura 17 è mostrata l'ubicazione di tali postazioni in relazione a quelle della Prescrizione 18:

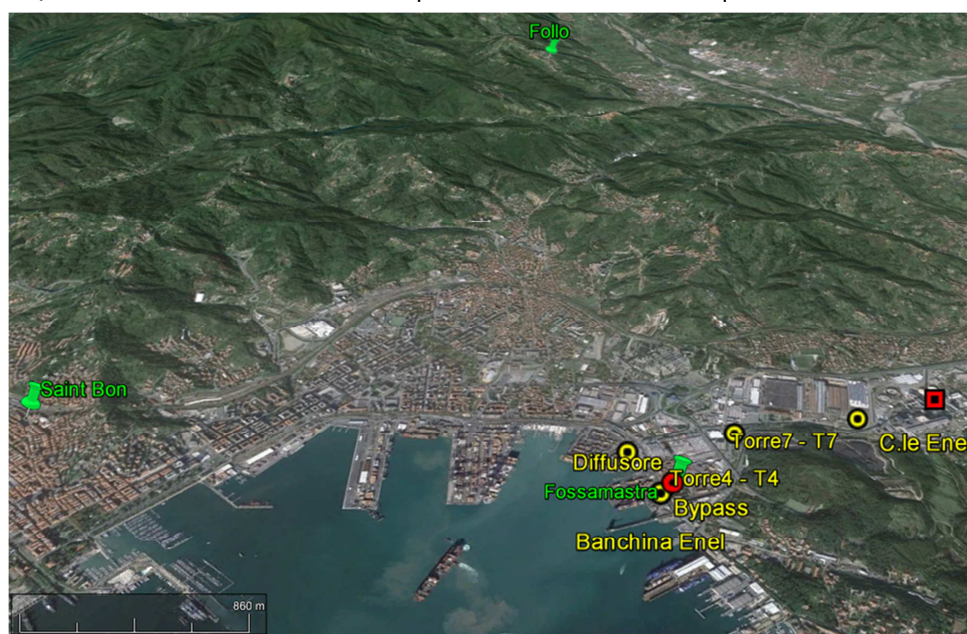


Figura 65 –Postazioni di misura della prescrizione 14 (in verde) e della Prescrizione 18 (in giallo).

¹⁴ Rapporto ARPAL in fase di stesura: "Attuazione della prescrizione 14, paragrafo 10.3.1 dell'AIA n.244 del 06/09/2013 - Report monitoraggio prescrizione 14, anno 2015".

Come in precedenza, si è valutato l'indice di correlazione lineare R^2 . I risultati sono mostrati di seguito:

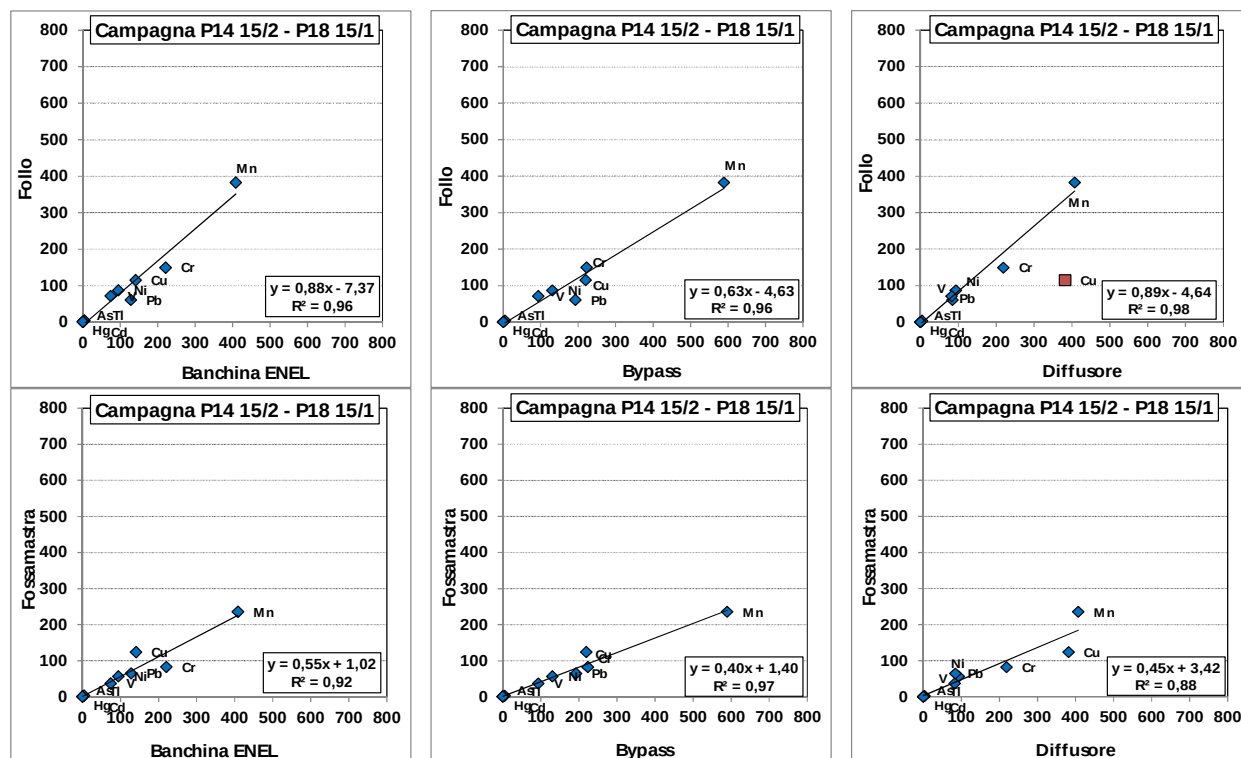


Figura 66 - Correlazione lineare tra deposizioni di metalli nelle polveri in postazioni della prescrizione 18 e della prescrizione 14 (Campagne P14 15/2 e P18 15/1).

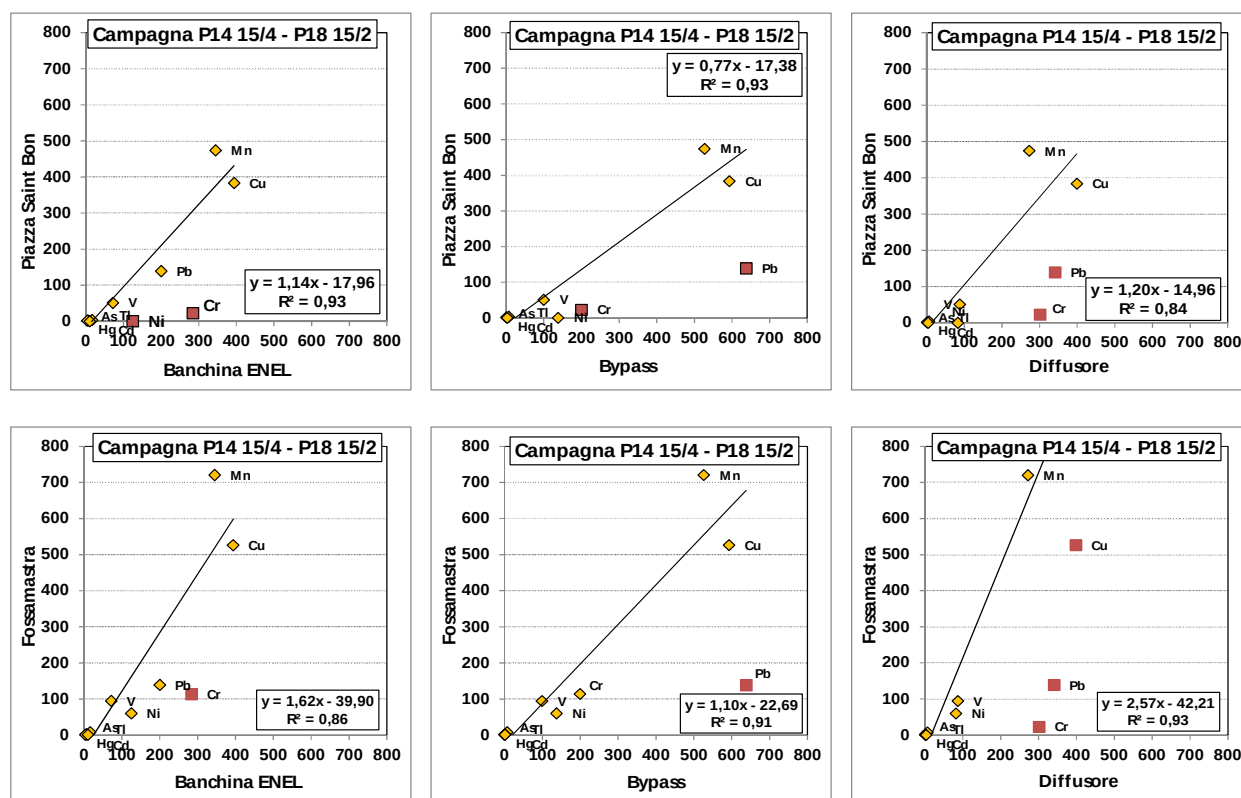


Figura 67 - Correlazione lineare tra deposizioni di metalli nelle polveri in postazioni della prescrizione 18 e della prescrizione 14 (Campagne P14 15/4 e P18 15/2).

Nonostante i periodi di campionamento siano solo in parte concomitanti, si evidenzia una buona similitudine qualitativa, tra le postazioni aventi caratteristiche diverse e uguali, quali Bypass e Fossamastra. Si osserva un carattere differente legato alle sorgenti presumibilmente locali come tra Piazza Saint Bon e Banchina ENEL in cui si evidenzia una maggiore concentrazione di metalli legati ad attività industriali e navali come Cr, Ni, Pb rispetto a metalli verosimilmente dovuti a traffico veicolare (Piazza Saint Bon: stazione di traffico urbana).

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.

Sebbene in letteratura, la classificazione delle componenti carboniose è ancora controversa, si ritiene che il carbonio elementare (EC) si origini da combustione incompleta di combustibili fossili e non fossili, quali emissioni da traffico, combustione di biomasse, incenerimento, produzione di energia, ecc., per cui è utilizzato per valutare l'incidenza di tali fonti di inquinamento [Bond et al., 2007, Chow et al. 2010; Chow et al. 2011, Szidat et al., 2009].

Il carbonio organico (OC), di peso molecolare inferiore a quello di EC, è presente sotto forma di svariate specie chimiche, quali idrocarburi alifatici, aromatici, acidi organici, terpeni, ecc. e comprende:

- OC primario, dovuto solitamente a fenomeni di combustione con emissioni diretta e anche da emissioni di piante [Duan et al., 2004];
- OC secondario, che deriva dalle reazioni fotochimiche che avvengono in atmosfera tra composti poco volatili e altri precursori gassosi [Jacobson et al., 2000; Kanakidou et al., 2005; Tsigaridis et al., 2006].

L'OC secondario si origina soprattutto durante i periodi estivi, sebbene i meccanismi di emissione biogenici e di trasformazione ossidativi in atmosfera siano ancora da comprendere pienamente [Kanakidou et al., 2005].

La definizione di EC ed OC non è però basata su proprietà chimico-fisiche fondamentali, e dipende dal tipo di metodo analitico e dal protocollo strumentale utilizzato [Schauer, 2003]. Il metodo per la determinazione quantitativa di TC, OC ed EC è quello termo-ottico mediante analizzatore operante su provini di dimensione circa 1.5 cm² [Birch & Cary, 1996] con differenti protocolli termici, di cui i più diffusi sono NIOSH 5040 [NIOSH, 1999] e IMPROVE [Chow et al., 1993, 2001]. Nel presente lavoro, si è utilizzato uno strumento termo-ottico SUNSET e il protocollo NIOSH 5040.

In letteratura, si ritiene che EC sia di natura altamente poliaromatica e abbia influenze negative sulla salute umana [Knaapen et al., 2004]. In ambiente spiccatamente urbano, la sorgente principale di EC è ritenuta essere l'emissione dai veicoli diesel [Schauer, 2003; Chow et al. 2010; Chow et al. 2011]. Nel caso della Spezia, le emissioni navali possono dare un significativo contributo [Moldanová et al., 2013] mentre il contributo emissivo diretto della combustione di carbone è in generale ritenuto molto basso [Chow et al. 2010; Chow et al. 2011].

Le misure di EC ed OC sono molto diffuse nel particolato urbano aerodisperso 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 aerodisperso, e la loro variabilità nel tempo.

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

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

Postazione	Campagna	polveri	OC	EC	TC
Banchina Enel	P18 15/1	76	7,4	8,3	15,6
Banchina Enel	P18 15/2	13	2,4	1,3	3,7
Bypass	P18 15/1	123	12,3	8,5	20,8
Bypass	P18 15/2	54	11,0	3,8	14,7
Torre 4	P18 15/1	152	14,9	28,6	43,5
Torre 4	P18 15/2	64	6,9	13,1	19,9
Torre 7	P18 15/1	58	8,5	9,8	18,3
Torre 7	P18 15/2	46	4,8	5,5	10,2
Diffusore	P18 15/1	52	5,4	2,8	8,2
Diffusore	P18 15/2	35	2,7	1,0	3,7

Tabella 23 - Deposizione di polveri, carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC). Valori in $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$.

In Figura 68 e Figura 69 sono confrontati gli andamenti di OC e di EC durante le due campagne:

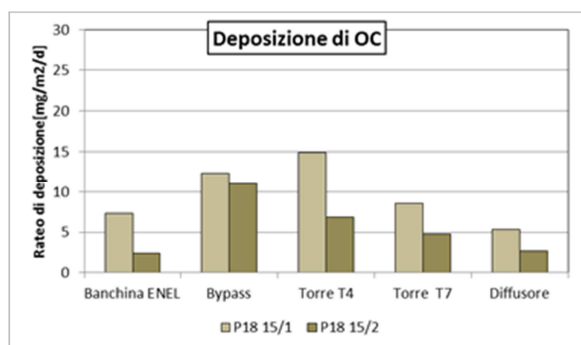


Figura 68 - Andamento delle deposizioni di OC nelle campagne P18 15/1 e 15/2.

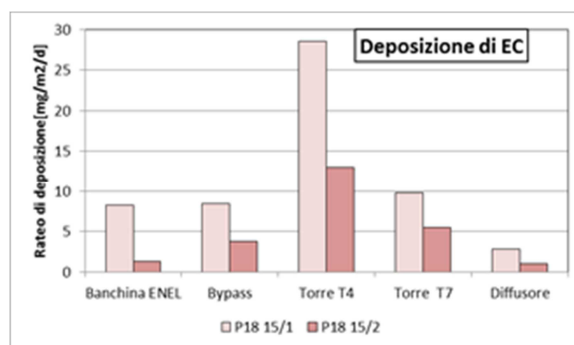


Figura 69 - Andamento delle deposizioni di EC nelle campagne P18 15/1 e 15/2.

Le deposizioni di carbonio organico OC e di carbonio elementare EC sono diminuite in tutte le postazioni tra la prima e la seconda campagna, in maniera molto sensibile. Solo nella postazione di Bypass le deposizioni di OC sono rimaste equivalenti tra la campagna invernale (P18 15/1) e quella estiva (P18 15/2). Questo sensibile calo può essere messo in relazione al diverso impatto delle sorgenti emissive di OC e EC, ma anche a fenomeni stagionali o meteorologici, quali il copioso evento verificatosi nel corso della campagna estiva.

Gli andamenti di OC e EC risultano molto correlati con quelli delle polveri, che hanno avuto una diminuzione di concentrazione tra le due campagne di campionamento. Le maggiori deposizioni di OC si sono avute a Bypass e Torre 4 in entrambe le campagne e le deposizioni a Diffusore sono risultate essere molto prossime a quelle in Banchina ENEL soprattutto nel corso della seconda campagna. Per quanto riguarda EC, le deposizioni maggiori si sono avute a Torre 4 e Torre 7 in entrambe le campagne.

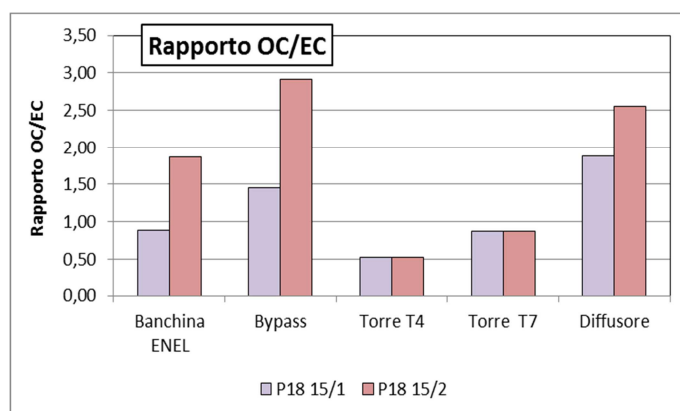
Nella tabella seguente sono riportati i valori del rapporto OC/EC nelle deposizioni delle cinque postazioni per le due campagne di monitoraggio:

Postazione	Campagna	OC/EC
Banchina Enel	P18 15/1	0,9
Banchina Enel	P18 15/2	1,9
Bypass	P18 15/1	1,5
Bypass	P18 15/2	2,9
Torre 4	P18 15/1	0,5
Torre 4	P18 15/2	0,5
Torre 7	P18 15/1	0,9
Torre 7	P18 15/2	0,9
Diffusore	P18 15/1	1,9
Diffusore	P18 15/2	2,6

Tabella 24 - Valori del rapporto OC/EC nelle deposizioni

Questo rapporto, nel caso del particolato atmosferico, rappresenta un parametro che consente di discriminare tra le differenti sorgenti di emissione. In generale, il rapporto OC/EC durante l'inverno è principalmente influenzato da emissioni primarie come combustione di combustibile fossile, caratterizzata da rapporto OC/EC frequentemente inferiore a 1 (Handler et al., 2008), e combustione di biomassa che tende a rilasciare più componente organica. Durante l'estate tale rapporto, è principalmente influenzato dalla produzione di OC secondario, incrementata da attività fotochimica, e da emissione di precursori biogenici di aerosol secondario organico. Come conseguenza, il rapporto è tipicamente più alto nei siti rurali in inverno, dove la combustione di biomassa è più rilevante, mentre presenta i valori più bassi nei siti di traffico (Sandrini et al., 2014).

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


Figura 70 - Andamento del rapporto EC/OC nelle deposizioni

Tra la campagna **P18 15/1** e la campagna **P18 15/2** i rapporti OC/EC sono aumentati, eccetto che per Torre 4 e Torre 7 in cui non sono stati registrate variazioni. I rapporti più elevati si sono registrati nelle postazioni di Banchina ENEL (1,87), e Bypass (2,92) in cui si sommano i contributi di diverse sorgenti emissive; nelle postazioni Torre 4 e Torre 7 sono stati registrati rapporti di OC/EC inferiori a 1, mettendo in evidenza il contributo di una singola sorgente molto probabilmente riconducibile ad una maggiore influenza di carbone elementare nel caso soprattutto di Torre 4.

Ovviamente la significatività di queste osservazioni, tutte basate su un set molto limitato di risultati, andrà confermato dai dati che verranno ottenuti dalle successive 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 15/1	76	9,6	10,8	20,5
Banchina Enel	P18 15/2	13	18,6	10,0	28,6
Bypass	P18 15/1	123	10,0	6,8	16,9
Bypass	P18 15/2	54	20,2	6,9	27,2
Torre 4	P18 15/1	152	9,8	18,8	28,6
Torre 4	P18 15/2	64	10,8	20,5	31,3
Torre 7	P18 15/1	58	14,7	16,9	31,7
Torre 7	P18 15/2	46	10,5	11,9	22,4
Diffusore	P18 15/1	52	10,3	5,5	15,8
Diffusore	P18 15/2	35	7,6	3,0	10,6

Tabella 25 – 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 16 e il 32% nella campagna **P18 15/1** e tra il 11 e il 31% nella campagna **P18 15/2**. Le figure seguenti confrontano le % di OC e EC riscontrate nelle polveri depositate nelle due campagne:

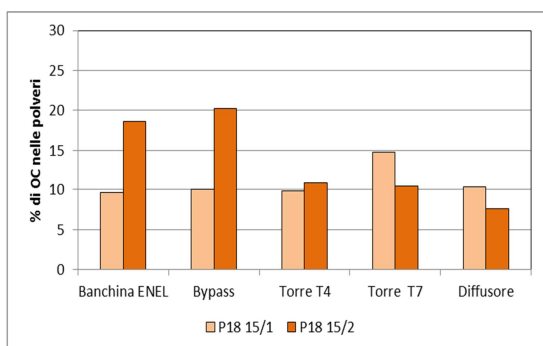


Figura 71 - Contenuto % di OC nelle polveri depositate nelle due campagne

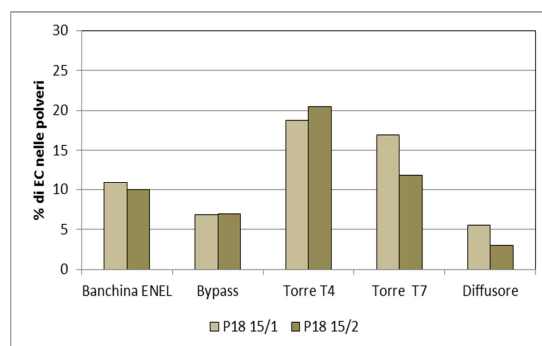


Figura 72 - Contenuto % di EC nelle polveri depositate nelle due campagne

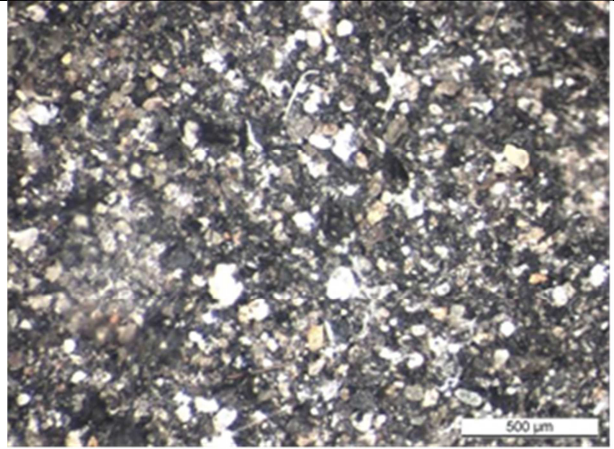
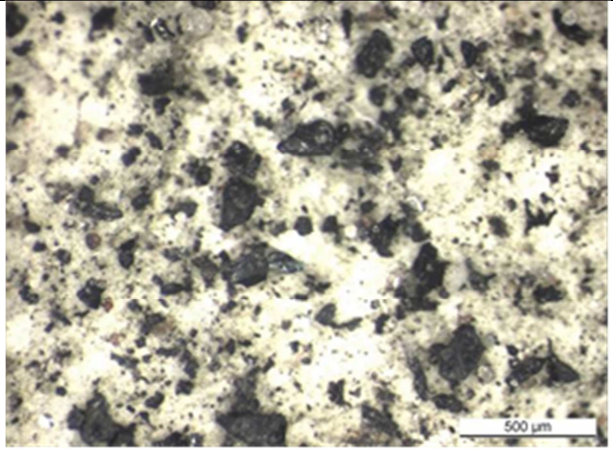
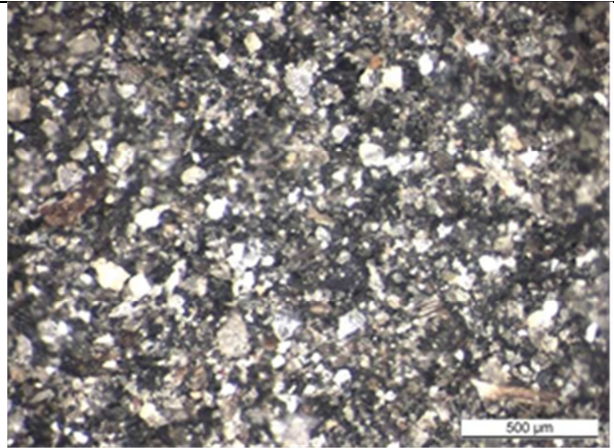
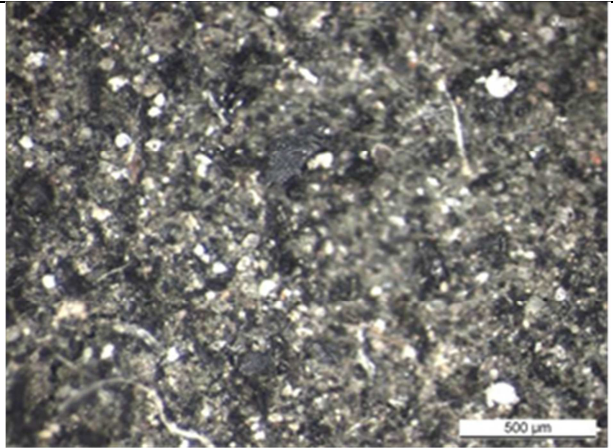
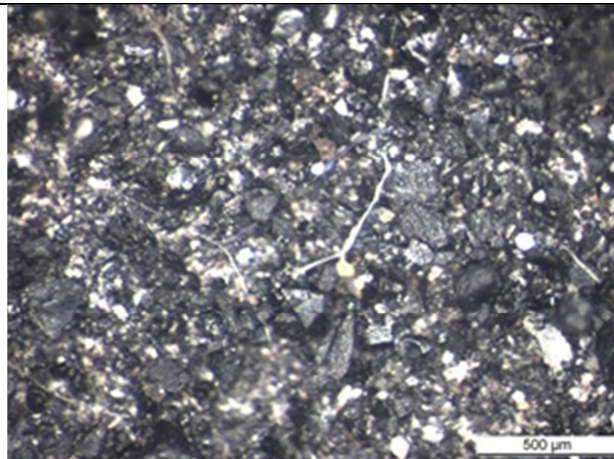
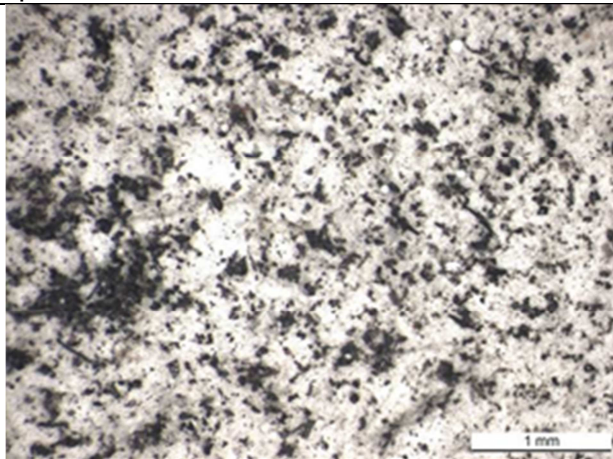
Si può notare che il contenuto % di OC nelle polveri è rimasto relativamente costante nelle postazioni di Torre 4 mentre è diminuito a Torre 7 e Diffusore durante la campagna estiva (**P18 15/2**). Il contenuto % di OC è invece aumentato tra la prima e la seconda campagna nelle postazioni Banchina ENEL e Bypass nonostante la diminuita movimentazione di carbone nella centrale. Il contenuto % di EC è rimasto relativamente costante nelle postazioni Banchina ENEL e Bypass mentre nella postazione di Torre 4 si è registrato un leggero aumento e nelle postazioni di Torre 7 e Diffusore invece si è verificata una diminuzione.

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.

Per le caratterizzazioni in SEM, sono stati utilizzati settori dei filtri di ampiezza pari a 90°, rappresentativi di ¼ della superficie del filtro totale.

Prima di procedere alla caratterizzazione vera e propria in SEM, è stata condotta una indagine visiva allo stereomicroscopio per valutare preliminarmente la tipologia di particelle raccolte dai deposimetri. Nella figura che segue sono riportati alcuni esempi di fotografie delle deposizioni prese allo stereomicroscopio. Il marker sovrapposto alle fotografie con sfondo bianco rappresenta una lunghezza pari a 500 µm:

Campagna P18 15/1	Campagna P18 15/2
Banchina ENEL	
	
Bypass	
	
Torre 4	
	

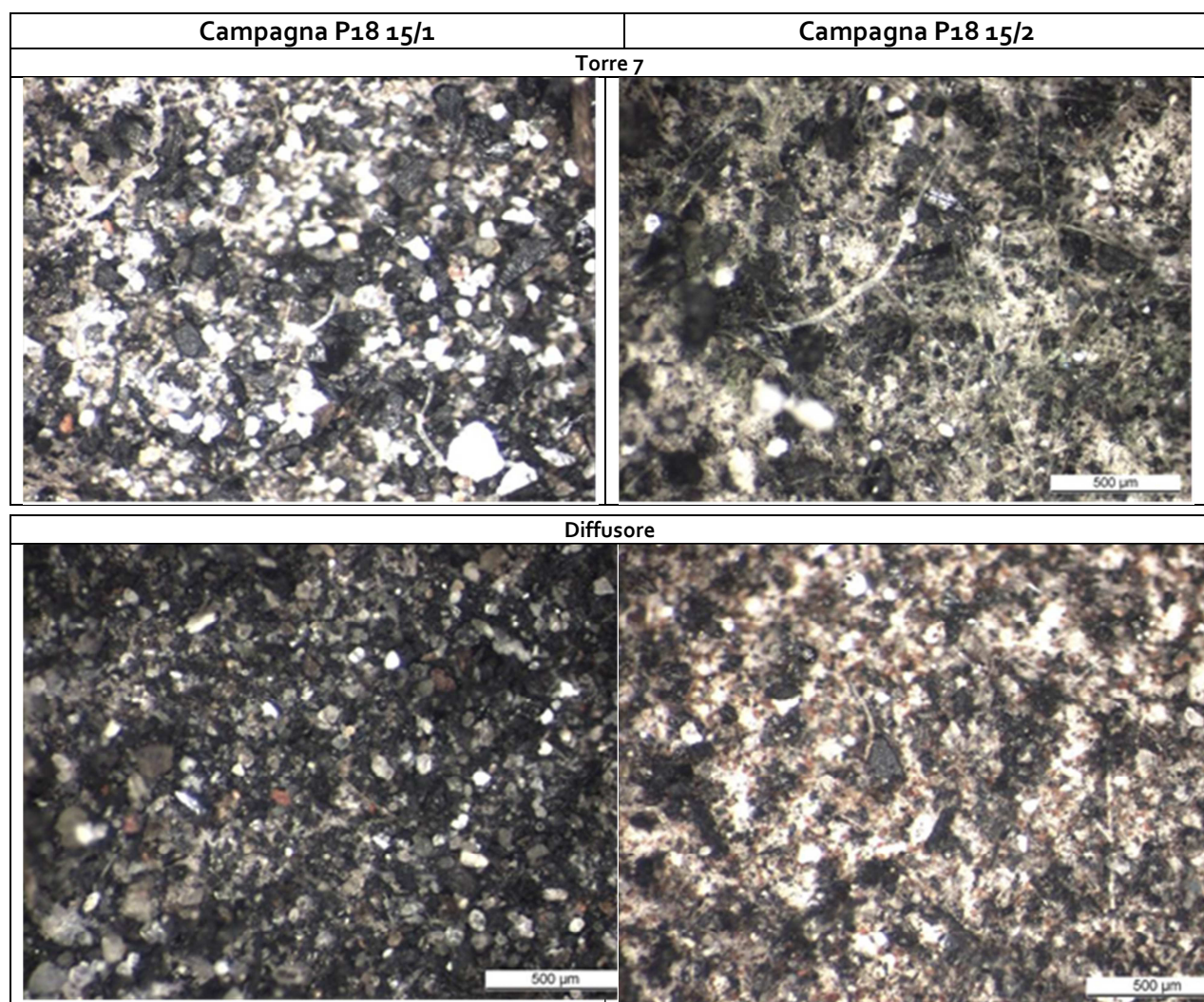


Figura 73 – Esempi di porzioni di filtri delle deposizioni delle due campagne a ingrandimento di 500 µm.

Come per i campioni delle campagne del 2014, anche per quelli del 2015 dalla visione allo stereomicroscopio è emersa la grande eterogeneità delle particelle depositate, sia in termini di tipologia delle stesse sia in termini di dimensioni. Dal punto di vista qualitativo, oltre a materiale di origine biologica (residui di alghe, fibre vegetali e animali, microrganismi, ecc.) nelle deposizioni sono presenti anche una elevata quantità di aggregati di particelle fini, silicati, silice, sabbie, ossidi di ferro e silicio, particelle porose e frammenti di forma spigolosa riferibili a particelle di carbone incombusto. Tutte queste particelle hanno una forma abbastanza caratteristica.

Nei campioni delle campagne del 2015, si è riscontrata ancora la problematica che deriva dalla procedura di preparazione delle deposizioni: durante la fase di filtrazione, si ha la tendenza ad un accumulo delle particelle lungo i bordi del filtro e a una stratificazione fisica delle particelle per cui sulla superficie del filtro sono visibili prevalentemente particelle di grandi dimensioni.

Ai campioni del 2015 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 15/1	Campagna P18 15/2
Banchina ENEL	<0,1	1,7
By-pass	<0,1	< 0,1
Torre 4	1,4	3,70
Torre 7	2,2	1,30
Diffusore	<0,1	0,30

Tabella 26 - Percentuale stimata di particelle di carbone superficiali nei campioni di deposizione.

I risultati indicano che la quantità di particelle superficiali di carbone tal quale nelle deposizioni è piuttosto bassa: in particolare le quantità più significative si riscontrano nella campagna **P18 15/1** in Torre 4 e Torre 7 e nella campagna **P18 15/2** anche in Banchina ENEL.

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 TOTALI SOSPESSE (PTS)

Il monitoraggio delle polveri totali sospese (PTS) nell'area della Spezia è stato condotto nelle postazioni di Bypass, Banchina, Torre 4 (T₄) e Torre 7 (T₇), e nella postazione di Ravano, nella sola campagna estiva, dove sono stati determinati, mediante misure gravimetriche, i valori medi giornalieri delle PTS¹⁵. Le misure gravimetriche sono state condotte alternativamente da CESI e ARPAL e i dati di dettaglio sono riportati nella Appendice 4.

Di seguito sono riportati graficamente gli andamenti temporali nelle tre postazioni. I periodi evidenziati in rosso chiaro sono quelli in cui le misure sono state eseguite da ARPAL:

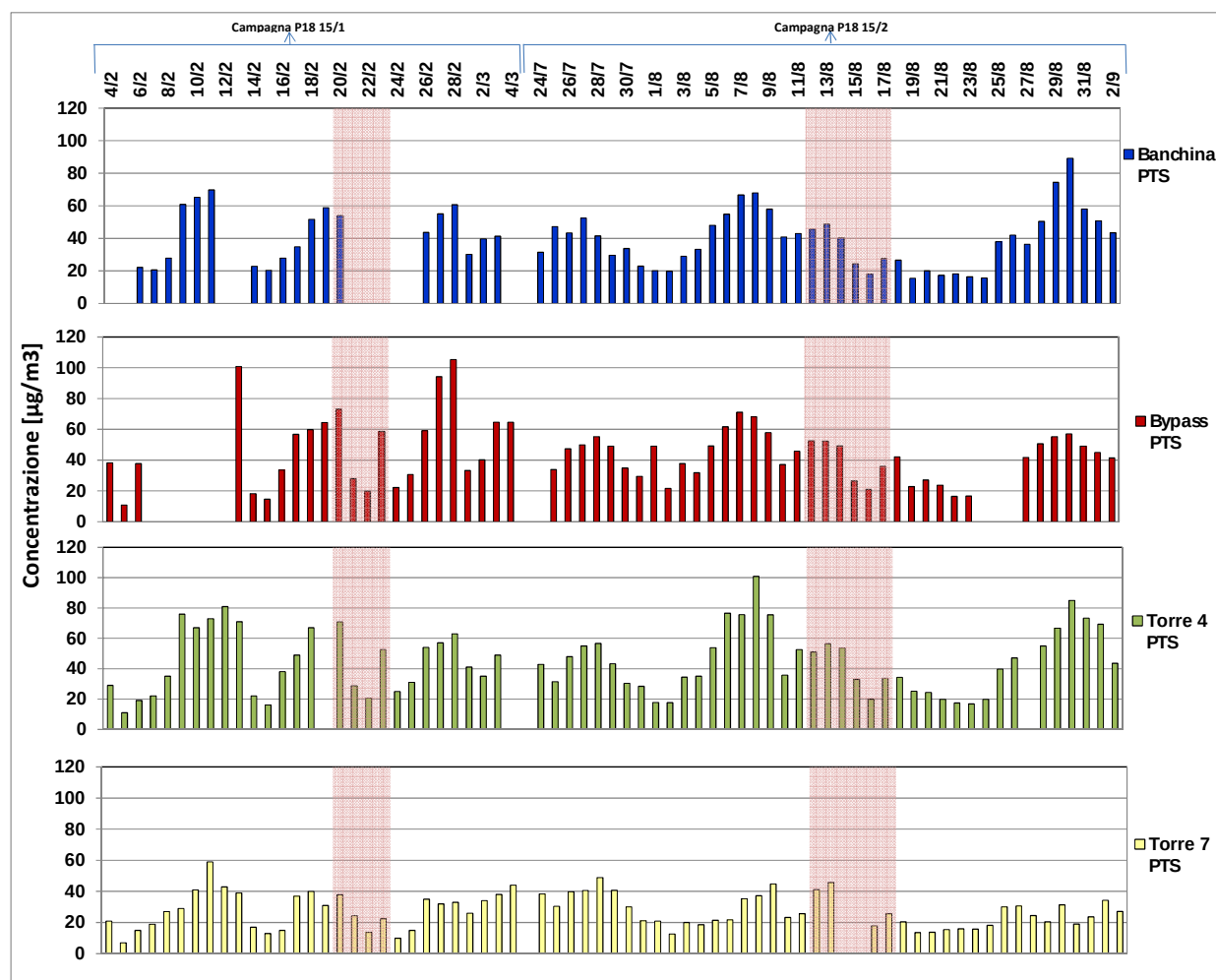


Figura 74 – Andamento delle PTS nelle postazioni di Banchina Enel, Bypass, Torre 4 e Torre 7 durante i monitoraggi (Prescrizione 18).

Di seguito sono riportati gli indici statistici riepilogativi dei dati di PTS misurati nelle due campagne (Tabella 27: campagna **P18 15/1** e Tabella 28: campagna **P18 15/2**):

¹⁵ Le elaborazioni statistiche non contengono i dati della postazione di Ravano in quanto il campione non è risultato sufficientemente significativo a causa di alcuni malfunzionamenti dello strumento dovuto ad alte temperature ambientali.

Postazione	Banchina Enel	Bypass	Torre 4	Torre 7
Data inizio	04-feb-15	04-feb-15	04-feb-15	04-feb-15
Data fine	04-mar-15	04-mar-15	04-mar-15	04-mar-15
n°valori giornalieri previsti	29	29	29	29
n°valori giornalieri sperimentali	19	23	27	29
% valori giornalieri sperimentali	66	79	93	100
Superamenti 50 µg/m³ nel periodo	8	11	11	1
Media nel periodo [µg/m³]	42,5	49,1	44,6	28,2
Dev.Stand [µg/m³]	16,2	26,6	20,8	12,2
Minimo [µg/m³]	20,4	10,9	11,0	7,0
Massimo [µg/m³]	69,7	105,3	81,0	59,0
Mediana (50° percentile) [µg/m³]	41,3	40,2	41,0	29,0
25° percentile [µg/m³]	27,9	29,3	26,9	17,0
50° percentile [µg/m³]	41,3	40,2	41,0	29,0
75° percentile [µg/m³]	57,0	64,6	65,0	37,8
95° percentile [µg/m³]	65,7	100,2	75,1	43,6

Tabella 27 - Indici statistici delle misure di PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre 4 e Torre 7 (Pr. 18 15/1).

Postazione	Banchina Enel	Bypass	Torre 4	Torre 7
Data inizio	24-lug-15	24-lug-15	24-lug-15	24-lug-15
Data fine	02-set-15	02-set-15	02-set-15	02-set-15
n°valori giornalieri previsti	41	41	41	41
n°valori giornalieri sperimentali	41	37	40	39
% valori giornalieri sperimentali	100	90	98	95
Superamenti 50 µg/m³ nel periodo	10	10	16	0
Media nel periodo [µg/m³]	39,0	42,1	44,9	27,1
Dev.Stand [µg/m³]	17,3	13,9	20,8	9,9
Minimo [µg/m³]	15,5	16,4	16,8	12,6
Massimo [µg/m³]	89,2	71,1	101,0	49,0
Mediana (50° percentile) [µg/m³]	40,3	45,0	43,0	24,5
25° percentile [µg/m³]	24,3	31,8	29,9	19,5
50° percentile [µg/m³]	40,3	45,0	43,0	24,5
75° percentile [µg/m³]	48,8	50,6	55,3	34,9
95° percentile [µg/m³]	67,9	63,0	77,0	44,9

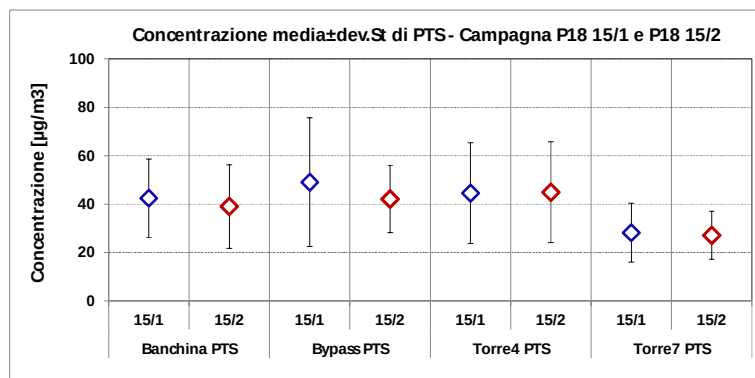
Tabella 28 - Indici statistici delle misure di PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre 4, Torre 7 (Pr.18 15/2).

A titolo indicativo, nella tabella che segue sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard a Banchina Enel, Bypass, Torre 4 e Torre 7:

	Banchina Enel	Bypass	Torre 4	Torre 7
Campagna P18 15/1 (04/02 - 04/02/15)	42,5 $\pm$ 16,2	49,1 $\pm$ 26,6	44,6 $\pm$ 20,8	28,2 $\pm$ 12,2
Campagna P18 15/2 (24/07 - 02/09/15)	40,1 $\pm$ 17,0	44,8 $\pm$ 20,1	44,9 $\pm$ 20,8	27,6 $\pm$ 10,9

 Tabella 29 - Confronto tra i valori medi ± 1 deviazione standard di PTS nel periodo di assenza e movimentazione del carbone. Valori in µg/m³.

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


 Figura 3 - Confronto tra i valori medi ± 1 deviazione standard di PTS nel periodo di movimentazione del carbone (Campagna 15/1 e 15/2). Valori in µg/m³.

I valori medi di PTS nella campagna **P18 15/1** sono in generale molto prossimi a quelli della campagna **P18 15/2** all'interno dell'incertezza di misura. Nella postazione di Bypass si riscontrano valori più elevati nella campagna invernale.

Di seguito sono riportati più nel dettaglio gli andamenti temporali nelle due campagne di monitoraggio:

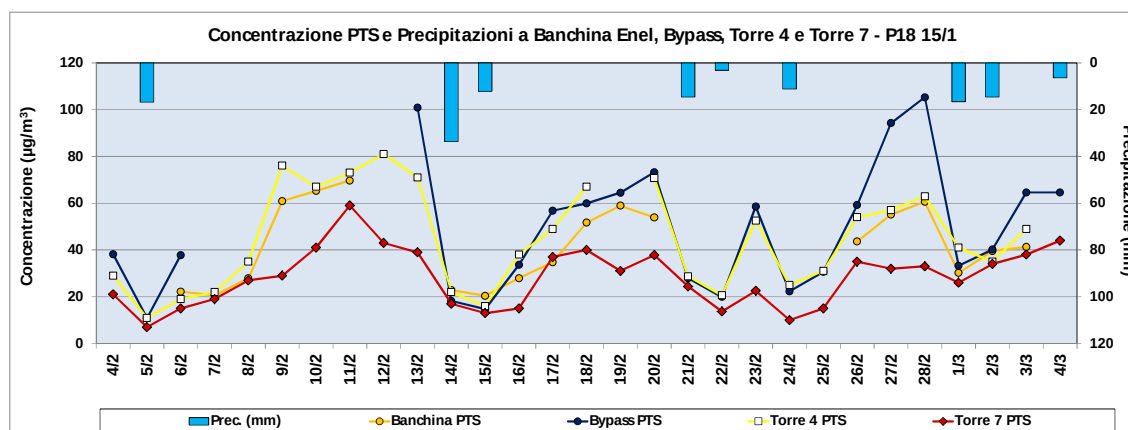


Figura 76 - Andamento temporale delle PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre 4 e Torre 7 durante la campagna P18 15/1. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

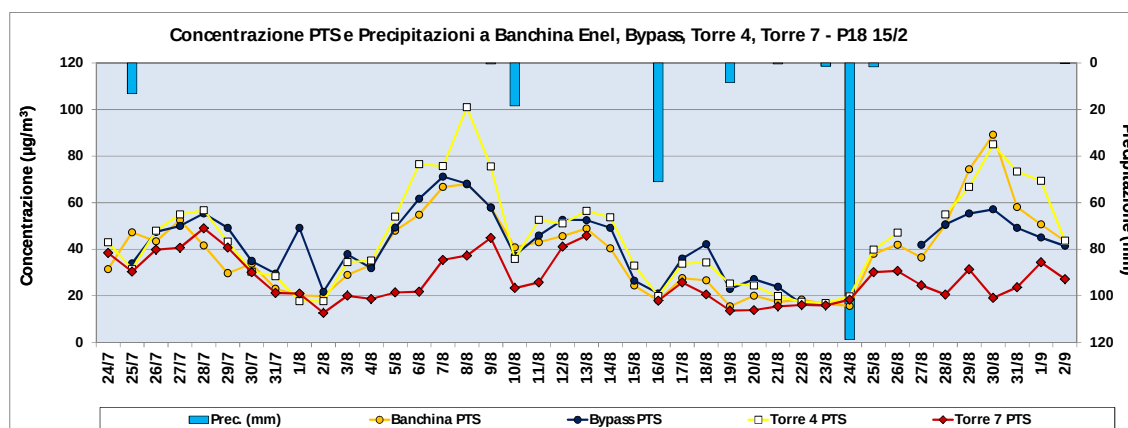


Figura 77 - Andamento temporale delle PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre 4 e Torre 7 durante la campagna P18 15/2. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nelle figure precedenti sono state riportate anche le precipitazioni avvenute nel periodo. Si noti la buona sincronia tra gli andamenti temporali in tutte le postazioni e le diminuzioni delle concentrazioni giornaliere di polveri in concomitanza degli eventi piovosi. Nella seconda campagna di monitoraggio (**P18 15/2**) le concentrazioni sono caratterizzate da una variabilità maggiore, soprattutto in Torre 7, dovuta probabilmente alle forti perturbazioni occorse nel periodo.

Di seguito sono mostrate le correlazioni tra le polveri totali sospese misurate nelle diverse postazioni durante la campagna **P18 15/1**.

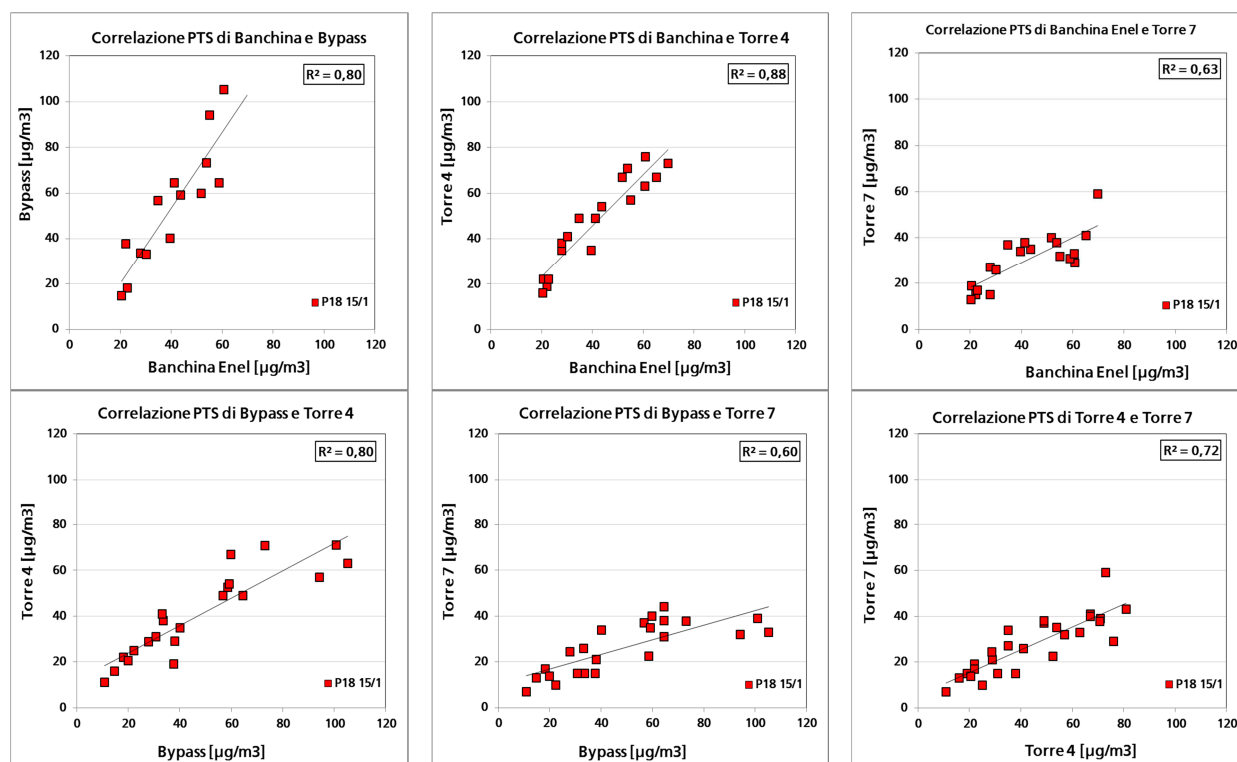


Figura 78 –Correlazione tra le PTS misurate nelle diverse postazioni nella campagna P18 15/1.

Il coefficiente di correlazione lineare R^2 mostra una forte correlazione soprattutto tra gli andamenti delle polveri totali sospese nelle postazioni Banchina Enel, Bypass e Torre 4 ($R^2 > 0,8$); i valori di PTS misurati in Torre 7 invece sono leggermente meno correlati con quelli delle altre postazioni ($R^2 > 0,6 - 0,7$).

Di seguito sono mostrate le correlazioni tra le polveri totali sospese misurate nelle diverse postazioni durante la campagna **P18 15/2**.

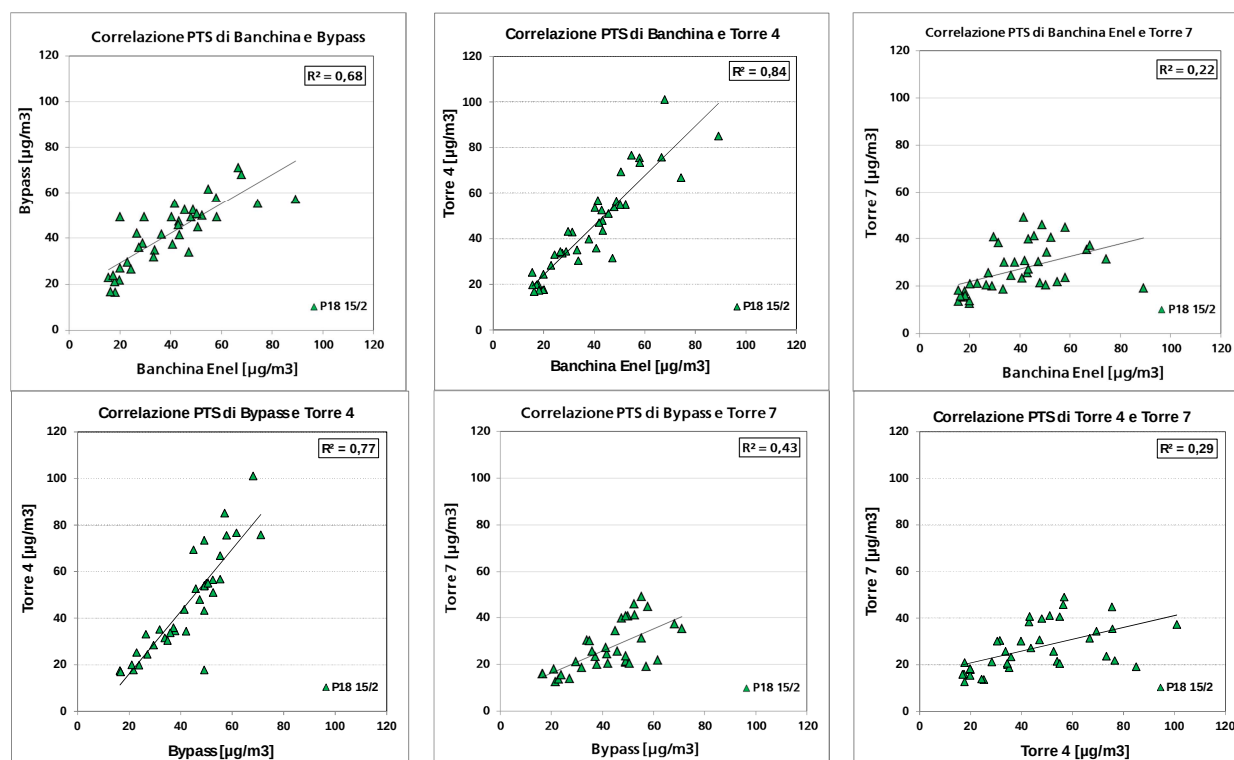
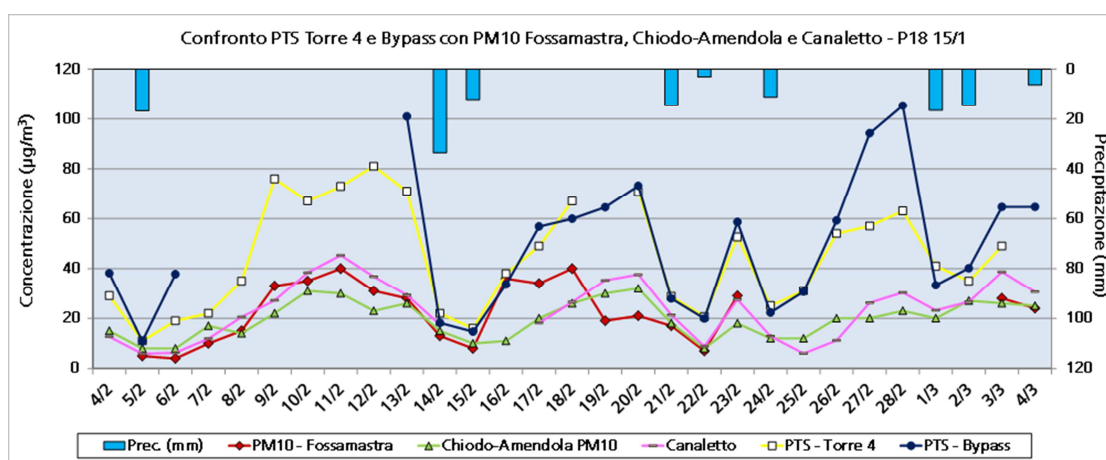


Figura 79 – Correlazione tra le PTS misurate nelle diverse postazioni nella campagna P18 15/2.

Anche nel caso della campagna 15/2, si nota una correlazione elevata tra Banchina Enel, Bypass e Torre 4; le polveri totali sospese misurate in Torre 7 invece risultano poco correlate con quelle misurate nelle altre postazioni.

Di seguito sono confrontati gli andamenti delle PTS misurati in due postazioni con il PM₁₀ misurato in tre postazioni utilizzate nella prescrizione 14¹⁶: Fossamastra e Chiodo - Amendola e Canaletto nella 15/1 e Piazza Saint Bon nella 15/2, postazioni caratterizzate da traffico intenso. Per il confronto sono stati utilizzati i valori di PTS rilevati in Torre 4, per l'elevata percentuale di giorni sperimentali (95% circa) e per il grado di correlazione lineare maggiore con le altre postazioni, e quelli di Bypass, sebbene meno completi (79-90%), per avere un ulteriore riscontro.


 Figura 80 - Andamento temporale delle PTS a Torre 4 e Bypass e del PM₁₀ di Fossamastra, Chiodo - Amendola e Canaletto (Valori in µg/m³).

¹⁶ Rapporto ARPAL in fase di stesura: "Attuazione della prescrizione 14, paragrafo 10.3.1 dell'AIA n.244 del 06/09/2013 - Report monitoraggio prescrizione 14, anno 2015".

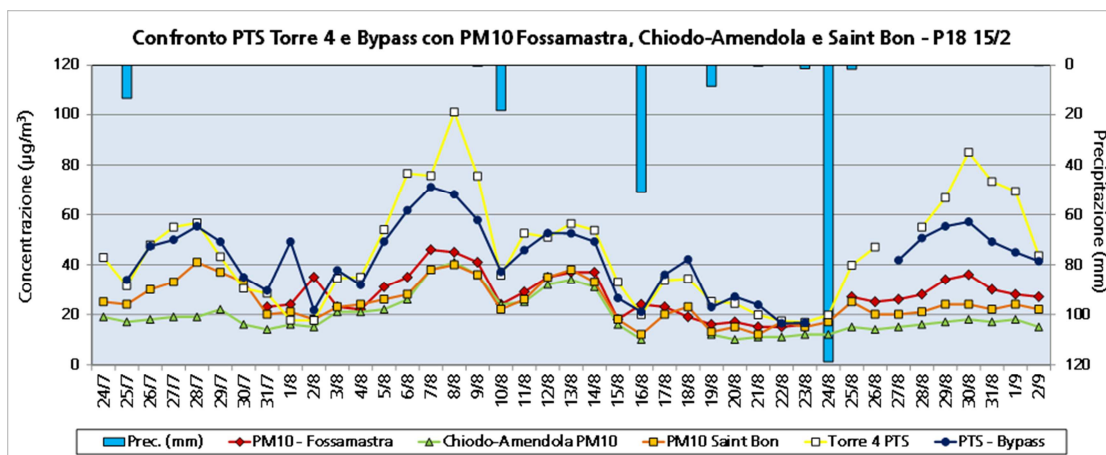


Figura 81 - Andamento temporale delle PTS a Torre 4 e Bypass e del PM10 di Fossamastra, Chiodo - Amendola e Saint Bon (Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Le serie temporali delle polveri totali sospese misurate nella postazione Torre 4 e Bypass sono abbastanza sincronizzate con quelle del PM10 misurate nelle postazioni di Fossamastra, Chiodo Amendola, Saint Bon nei medesimi periodi di monitoraggio. Le concentrazioni in media risultano più elevate, specie a Bypass, a causa del taglio diverso delle particelle e dal fatto che quanto misurato nelle polveri totali sospese può probabilmente derivare in parte da risollevarimento e risospensione di polveri più grossolane legato al passaggio di autoveicoli.

6.1 Analisi dei periodi di sottovento alle sorgenti di polverosità

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

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

Nella figura seguente è mostrato l'andamento delle polveri totali sospese a Banchina Enel, Bypass, Torre 4, Torre 7 e Ravano in concomitanza dello scarico del carbone dalle navi carboniere. Oltre alle PTS, a titolo di confronto, è riportato anche il PM10 misurato nei medesimi periodi a Piazza Saint Bon. Nel grafico sono inoltre inserite le precipitazioni occorse nel periodo (in mm) con scala ad ordine inverso sull'asse primario e la quantità di carbone scaricato in termini di tonnellate/giorno sull'asse secondario. Il periodo di monitoraggio relativo alla campagna **P18 15/2** è evidenziato con sfondo verde chiaro.

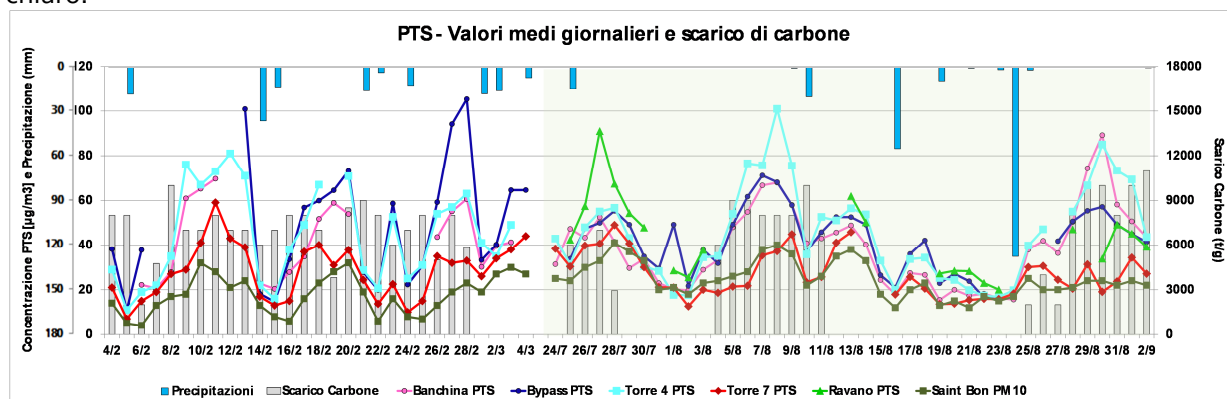


Figura 82 - Andamento temporale delle PTS a Banchina Enel, Bypass, Torre 4, Torre 7 e Ravano in tutto il periodo di monitoraggio e in presenza delle navi carboniere. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Non emergono particolari correlazioni tra le tonnellate di carbone scaricato e le polveri totali sospese che risultano invece molto ben correlate con il PM₁₀ misurato a Saint Bon in entrambi i periodi di monitoraggio. L'andamento delle polveri totali sospese infatti, analogamente a quello del PM₁₀, è caratterizzato da incrementi e diminuzioni, in termini di concentrazione, poco dipendenti dai giorni di scarico e movimentazione carbone.

Di seguito si riportano i grafici di correlazione tra le concentrazioni di PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e le tonnellate di carbone scaricate giornalmente dalle navi (tonnellate/giorno):

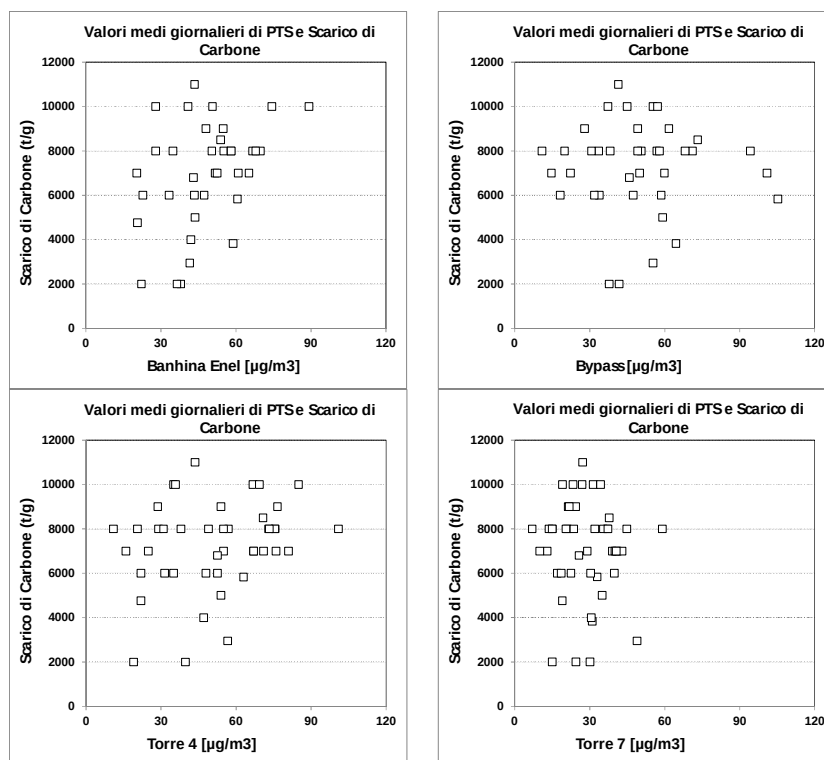


Figura 83 - Correlazione tra concentrazione di PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e scarico di carbone (t/g) - P18 15/1 e 15/2.

La dispersione dei dati risulta molto elevata e non è stato possibile determinare un grado di correlazione ragionevole.

Si è quindi tentato di valutare il contributo dello scarico del carbone tramite una analisi di correlazione con la variabilità anemologica. A tale scopo, utilizzando i dati anemometrici della postazione meteorologica Porto Lotti di ISPRA, si è proceduto all'individuazione dei settori risultati indicativi per la condizione di sottovento al molo, al nastro trasportatore e al carbonile. Sono state considerate le postazioni più prossime alla linea di movimentazione del carbone, escludendo Ravano.

Sorgenti	Banchina Enel	Bypass	Area Torre 4	Area Torre 7
Scarico del carbone	S, SSO, SO, OSO, O	OSO, SO, SSO	E, ESE, SE, SSE, S	ONO, NO, NNO, N, NNE, NE
Trasporto del carbone			NE, ENE	S, SSO, SO, OSO
Stoccaggio del carbone				

Tabella 30 - Settori di sottovento alle sorgenti di polverosità.

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

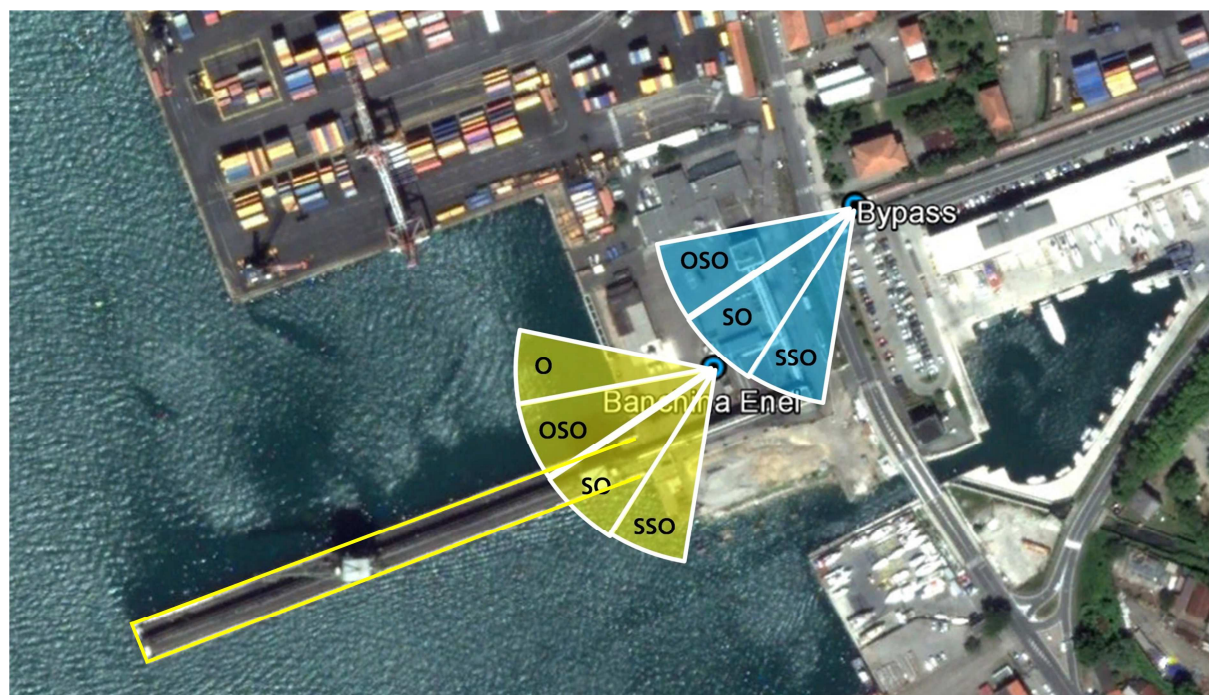


Figura 84 - Settori di sottovento delle postazioni Banchina e Bypass alle sorgenti di polverosità.

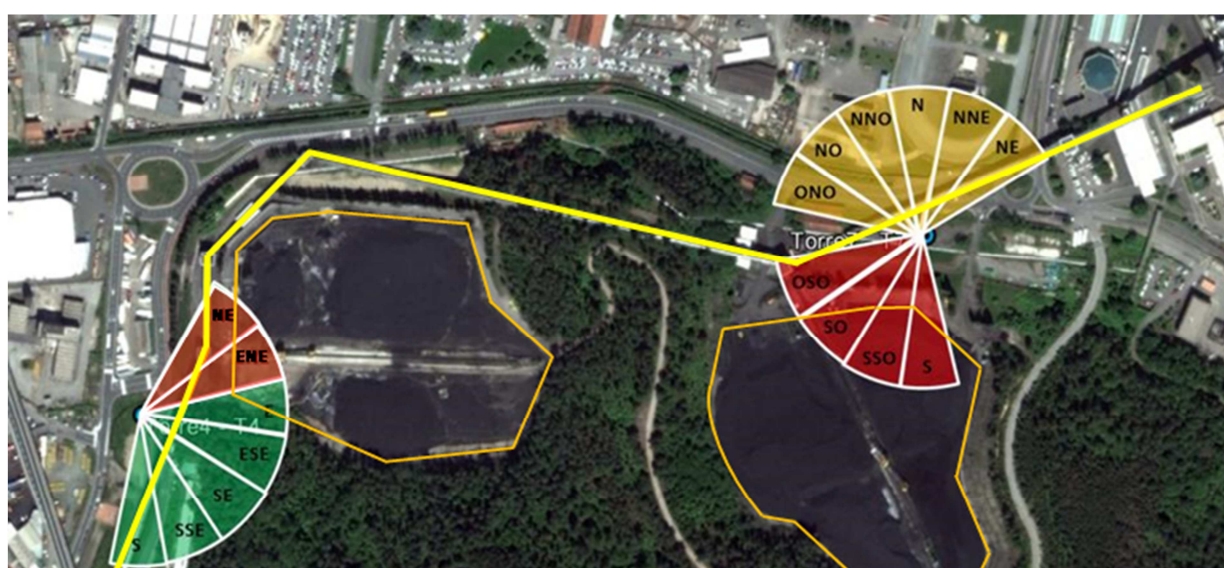


Figura 85 - Settori di sottovento delle postazioni Torre 4 e Torre 7 alle sorgenti di polverosità.

Per la comparazione e la valutazione dei dati medi giornalieri delle polveri PTS nelle condizioni di sottovento alle sorgenti di polverosità individuate precedentemente, si è proceduto a quantificare le ore di sottovento nell'arco di ciascuna giornata di misura durante i periodi di scarico e movimentazione del carbone.

Utilizzando i dati di vento, intensità (m/s) e direzione (°N) di Porto Lotti (ISPRA), sono state calcolate le ore e i settori per i quali le postazioni di Banchina Enel e Bypass sono rimaste sottovento alla rispettiva sorgente (scarico di carbone in banchina). Anche per le postazioni di Torre 4 e Torre 7, sono stati utilizzati i dati dell'anemometro di Porto Lotti, poiché, come indicato nel capitolo 3, l'anemometro CESI a Torre 7 è risultato schermato per venti con intensità medio – alta e per alcuni settori di provenienza.

Dato che le campagne di misura sono focalizzate principalmente sulla valutazione dell'eventuale contributo del polverino da movimentazione e stoccaggio di carbone, si è ritenuto opportuno considerare, in prima approssimazione, una soglia di velocità di vento uguale o maggiore di **3 m/s** (circa 11 km/h), in grado di trasportare le polveri di carbone, eventualmente disperse durante le operazioni di scarico, movimentazione e stoccaggio¹⁷. La condizione di sottovento alla singola sorgente emissiva è stata definita come almeno un'ora in questa situazione. In aggiunta, sono state considerate anche le seguenti condizioni di riferimento: assenza completa di precipitazione o precipitazione giornaliera inferiore a 4 mm¹⁸.

Nella tabella che segue, è riportato il numero di ore in cui il vento ha soffiato da ciascun settore ad almeno 3 m/s durante la **campagna di monitoraggio 15/1**. Le barre colorate indicano la postazione e la fonte di polverosità potenziale considerata. Calcoli analoghi sono stati eseguiti per velocità del vento maggiori di 4,4 m/s (16 km/h) e di 10 m/s (36 km/h) e i risultati in forma grafica sono riportati in Appendice 5.

[illegible]

¹⁷ Tale velocità è minore di quella che US-EPA considera adeguata per la dispersione di polveri grossolane (diametro di circa 100 µm) da cumuli. Infatti, EPA ritiene che con un vento di 16 km/h le polveri aventi diametro uguale o superiore a 100 µm sedimentino entro 6-9 m dal punto di rilascio, a seconda delle condizioni di turbolenza atmosferica. Particelle di polveri con diametri compresi tra 30 e 100 µm, nelle stesse condizioni precedenti, sedimentano entro un centinaio di metri dal punto di rilascio se non vi sono condizioni di turbolenza che le mantengono in aria, mentre quelle più fini permangono sospese in atmosfera. *AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources.*

¹⁸ Rapporto ARPAL 2012: Analisi dei dati di polveri rilevati nella campagna di misura effettuata nella zona di Fossamastra (La Spezia).

Tabella 31– Numero di ore in cui il vento è soffiato ad almeno 3 m/s nella campagna P18 15/1.

Dipartimento Provinciale della Spezia
Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia
PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - C.F. e P.IVA 01305930107

										Bypass - Scarico carbone		Banchina Enel - Scarico carbone					TOT Ore (V≥3m/s)
Data	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	
24/7							2	2			1	2					7
26/7									3	1	3	2	1				10
27/7								3	2	1	1	1					8
28/7							1	8	2								11
29/7								6									6
30/7							2	4									6
31/7	1							3									4
1/8						1				1							2
2/8							3	2	1								6
3/8								1									1
4/8							1										1
5/8							3	1	1								5
6/8							2	3									5
7/8												1					1
8/8				1			4		1								6
9/8		1						2		1							4
11/8							2	2									4
12/8												1					1
13/8							4	3									7
14/8							2	2									4
15/8									1	1	1						3
17/8			1					1	3								5
18/8									2	2							4
20/8							1	2									4
21/8								2									3
22/8							1	3									4
23/8			1														1
25/8								3	6	4							13
26/8							3	1									4
27/8								1									1
28/8							3	1									4
29/8							3	2									5
30/8							3	2									5
31/8							2	3									5
1/9							4										4
2/9			1					1	4	3							9

Torre 4 - Carbonile				Torre 4 – Nastro Trasportatore														
Torre 7 - Nastro Trasportatore									Torre 7 - Carbonile				Torre 7 - Nastro Trasportatore				TOT Ore (V≥3m/s)	
Data	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO		
24/7							2	2			1	2					7	
26/7									3	1	3	2	1				10	
27/7								3	2	1	1	1					8	
28/7							1	8	2								11	
29/7								6									6	
30/7							2	4									6	
31/7	1							3									4	
1/8						1				1							2	
2/8							3	2	1								6	
3/8								1									1	
4/8							1										1	
5/8							3	1	1								5	
6/8							2	3									5	
7/8												1					1	
8/8				1			4		1								6	
9/8		1						2		1							4	
11/8							2	2									4	
12/8												1					1	
13/8							4	3									7	
14/8							2	2									4	
15/8									1	1	1						3	
17/8			1					1	3								5	
18/8									2	2							4	
20/8							1	2									4	
21/8								3									3	
22/8							1	3									4	
23/8			1														1	
25/8								3	6	4							13	
26/8							3	1									4	
27/8								1									1	
28/8							3	1									4	
29/8							3	2									5	
30/8							3	2									5	
31/8							2	3									5	
1/9							4										4	
2/9			1					1	4	3							9	

Tabella 32– Numero di ore in cui il vento è soffiato ad almeno 3 m/s nella campagna P18 15/2.

In Appendice 5 sono riportati i grafici relativi alle ore sottovento per ciascuna postazione relativi alle campagne **P18 15/1** e **P18 15/2**.

Di seguito sono riportati i grafici di tutte le postazioni con il confronto tra la concentrazione media ± 1 deviazione standard ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) delle PTS nelle giornate sottovento e non sottovento alle potenziali sorgenti di polverosità.

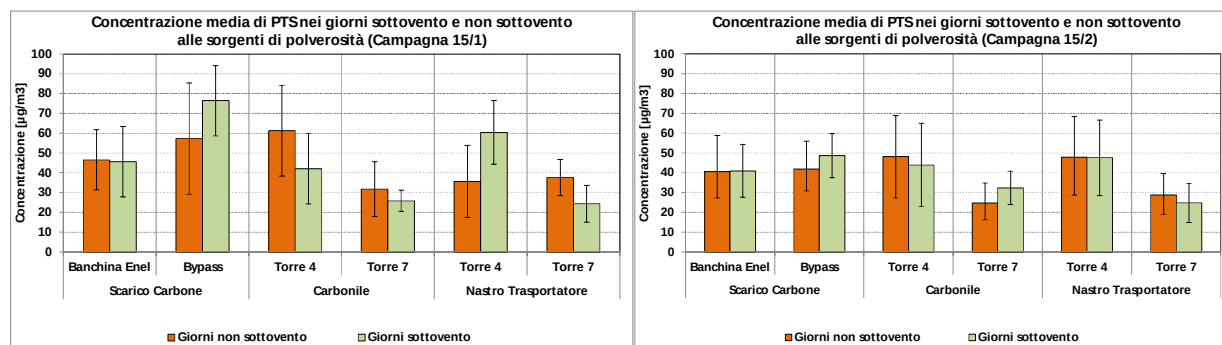


Figura 86 - Confronto tra le concentrazioni di PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nei giorni sottovento e non sottovento alle potenziali sorgenti di polverosità Campagne 15/1 e 15/2.

In linea generale, non si nota una forte differenza tra le giornate sottovento alle operazioni di scarico, movimentazione e stoccaggio del carbone. Solo per quanto riguarda Torre 4 e Bypass si evidenzia un modesto incremento delle polveri nelle giornate in cui le postazioni si sono trovate sottovento al nastro trasportatore e allo scarico del carbone per quanto riguarda la postazione di Bypass. La variabilità indicata dalla deviazione standard calcolata tuttavia è molto elevata, e pertanto le differenze osservate sono poco significative. Relativamente alle altre postazioni, nei giorni in cui Banchina Enel e Torre 7 sono state sottovento alle operazioni di scarico e movimentazione di carbone, le polveri sono risultate uguali o leggermente inferiori rispetto ai giorni di non sottovento.

Ad ulteriore approfondimento si è fatto ricorso al test di ANOVA (ANalysis Of VAriance), che confronta la concentrazione media nei giorni sottovento e non sottovento alle sorgenti di polverosità, verificando l'ipotesi H_0 , secondo la quale i due set di dati hanno concentrazioni medie confrontabili, rispetto all'ipotesi alternativa H_1 secondo la quale i due set di dati sono caratterizzati da medie diverse. I descrittori fondamentali considerati dal test sono $F_{\text{calcolato}}$, F_{critico} e $P \text{ Value}$. Quando $F_{\text{calcolato}} < F_{\text{critico}}$ e $P \text{ value} > 5\%$ le medie sono statisticamente equivalenti, viceversa se $F_{\text{calcolato}} > F_{\text{critico}}$ $P \text{ Value} < 5\%$ le medie sono statisticamente diverse. Di seguito è riportata la tabella con il risultato del test di ANOVA sulle concentrazioni medie di PTS nei giorni sottovento e non sottovento alle fonti di polverosità (scarico di carbone in banchina, movimentazione con nastro trasportatore e stoccaggio del carbone al carbonile).

ANOVA - Campagna 15/1					
		F Critico	Fcalcolato	pValue (%)	Risultato Test
Scarico carbone	Banchina Enel	4,667	0,007	93%	Le medie sono uguali
	Bypass	4,667	0,953	35%	Le medie sono uguali
Carbonile	Torre 4	4,381	6,040	2%	Le medie sono diverse
	Torre 7	4,381	0,845	37%	Le medie sono uguali
Nastro trasportatore	Torre 4	4,381	10,496	0%	Le medie sono diverse
	Torre 7	4,381	9,826	1%	Le medie sono diverse

Tabella 33- Test di ANOVA sulle concentrazioni medie di PTS nei giorni sottovento e non sottovento alle sorgenti di polverosità (Campagna 15/1).

ANOVA - Campagna 15/2					
		F Critico	Fcalcolato	pValue (%)	Risultato Test
Scarico carbone	Banchina Enel	4,130	0,004	95%	Le medie sono uguali
	Bypass	4,160	1,579	22%	Le medie sono uguali
Carbonile	Torre 4	4,149	0,168	68%	Le medie sono uguali
	Torre 7	4,149	0,946	34%	Le medie sono uguali
Nastro trasportatore	Torre 4	4,149	1,955	17%	Le medie sono uguali
	Torre 7	4,149	0,230	63%	Le medie sono uguali

Tabella 34- Test di ANOVA sulle concentrazioni medie di PTS nei giorni sottovento e non sottovento alle sorgenti di polverosità (Campagna 15/2).

Dal punto di vista statistico le concentrazioni medie di polveri totali sospese sono equivalenti in tutte le postazioni ad esclusione di Torre 4 nella campagna 15/1: nei giorni in cui la postazione è risultata sottovento al nastro trasportatore, si sono registrate concentrazioni mediamente più elevate rispetto ai giorni di non sottovento. Anche in Torre 7 le medie non risultano equivalenti, in quanto le concentrazioni più elevate si registrano nei giorni in cui la postazione non è stata sottovento al nastro trasportatore. Analogamente in Torre 4, le concentrazioni sono maggiori quando questa postazione non è sottovento al carbonile.

6.2 Contenuto di metalli nelle polveri totali sospese (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 4	Torre 7	Ravano
Campagna P18 15/1	07/02/2015	< 1	nd	< 1	< 1	nd
	13/02/2015	nd	nd	< 1	< 1	nd
	19/02/2015	< 1	< 1	< 1	< 1	nd
	25/02/2015	nd	< 1	< 1	< 1	nd
	03/03/2015	< 1	< 1	< 1	< 1	nd
Campagna P18 15/2	25/07/2015	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	30/07/2015	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	06/08/2015	< 1	< 1	< 1	< 1	nd
	18/08/2015	< 1	< 1	< 1	< 1	nd
	23/08/2015	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Tabella 35- Concentrazioni di Cadmio nei campioni di PTS. Valori in ng/m^3 .

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre 4	Torre 7	Ravano
Campagna P18 15/1	07/02/2015	2	nd	2	1	nd
	13/02/2015	nd	nd	5	3	nd
	19/02/2015	4	4	3	3	nd
	25/02/2015	nd	4	2	1	nd
	03/03/2015	5	5	4	7	nd
Campagna P18 15/2	25/07/2015	4	3	3	2	4
	30/07/2015	5	3	3	3	4
	06/08/2015	4	2	5	2	nd
	18/08/2015	3	3	2	2	nd
	23/08/2015	3	2	2	2	3
	30/08/2015	5	4	4	9	5

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

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre 4	Torre 7	Ravano
Campagna P18 15/1	07/02/2015	5	nd	4	5	nd
	13/02/2015	nd	nd	16	11	nd
	19/02/2015	15	23	16	8	nd
	25/02/2015	nd	13	7	6	nd
	03/03/2015	13	24	18	7	nd
Campagna P18 15/2	25/07/2015	25	25	26	24	27
	30/07/2015	28	28	24	20	30
	06/08/2015	39	3	38	26	nd
	18/08/2015	22	21	8	22	nd
	23/08/2015	30	25	21	21	30
	30/08/2015	28	26	24	21	28

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

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre 4	Torre 7	Ravano
Campagna P18 15/1	07/02/2015	2	nd	3	3	nd
	13/02/2015	nd	nd	5	4	nd
	19/02/2015	7	8	6	4	nd
	25/02/2015	nd	4	2	1	nd
	03/03/2015	2	6	5	3	nd
Campagna P18 15/2	25/07/2015	2	2	2	2	3
	30/07/2015	3	2	2	1	4
	06/08/2015	5	<	5	3	nd
	18/08/2015	3	3	2	1	nd
	23/08/2015	3	3	3	6	4
	30/08/2015	3	3	2	2	3

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

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre 4	Torre 7	Ravano
Campagna P18 15/1	07/02/2015	40	nd	38	39	nd
	13/02/2015	nd	nd	41	44	nd
	19/02/2015	40	42	37	36	nd
	25/02/2015	nd	37	37	33	nd
	03/03/2015	36	38	40	40	nd
Campagna P18 15/2	25/07/2015	54	39	43	36	36
	30/07/2015	36	33	35	34	46
	06/08/2015	45	3	43	31	nd
	18/08/2015	40	36	7	8	nd
	23/08/2015	14	8	8	10	50
	30/08/2015	8	9	8	9	12

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

	Data	Banchina Enel	Bypass	Torre 4	Torre 7	Ravano
Campagna P18 15/1	07/02/2015	< 2	nd	< 2	< 2	nd
	13/02/2015	nd	nd	3	2	nd
	19/02/2015	2	3	2	< 2	nd
	25/02/2015	nd	< 2	< 2	< 2	nd
	03/03/2015	< 2	3	3	2	nd
Campagna P18 15/2	25/07/2015	6	4	4	4	4
	30/07/2015	6	4	4	4	5
	06/08/2015	6	2	5	2	nd
	18/08/2015	3	3	3	2	nd
	23/08/2015	3	3	2	2	3
	30/08/2015	6	6	6	5	7

 Tabella 40- Concentrazioni di Vanadio nei campioni di PTS. Valori in ng/m³.

Di seguito sono riportati alcuni indici statistici descrittivi relativi ai risultati delle tabelle precedenti.

		Banchina Enel	Bypass	Torre 4	Torre 7	Ravano
Campagna P18 15/1	<i>n</i>	3	3	5	5	-
	Media	1	1	1	1	-
	Min	1	1	1	1	-
	Max	1	1	1	1	-
	Mediana	1	1	1	1	-
Campagna P18 15/2	<i>n</i>	6	6	6	6	4
	Media	1	1	1	1	1
	Min	1	1	1	1	1
	Max	1	1	1	1	1
	Mediana	1	1	1	1	1

 Tabella 41 - Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di Cadmio nei campioni di PTS. Valori in ng/m³, salvo *n* (numero dei campioni).

		Banchina Enel	Bypass	Torre 4	Torre 7	Ravano
Campagna P18 15/1	<i>n</i>	3	3	5	5	-
	Media	4	4	3	3	-
	Min	2	4	2	1	-
	Max	5	5	5	7	-
	Mediana	4	4	3	3	-
Campagna P18 15/2	<i>n</i>	6	6	6	6	4
	Media	4	3	3	3	4
	Min	3	2	2	2	3
	Max	5	4	5	9	5
	Mediana	4	3	3	2	4

 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 4	Torre 7	Ravano
Campagna P18 15/1	<i>n</i>	3	3	5	5	-
	Media	11	20	12	7	-
	Min	5	13	4	5	-
	Max	15	24	18	11	-
	Mediana	13	23	16	7	-
Campagna P18 15/2	<i>n</i>	6	6	6	6	4
	Media	29	22	24	22	29
	Min	22	3	8	20	27
	Max	39	28	38	26	30
	Mediana	28	25	24	22	29

 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 4	Torre 7	Ravano
Campagna P18 15/1	<i>n</i>	3	3	5	5	-
	Media	4	6	4	3	-
	Min	2	4	2	1	-
	Max	7	8	6	4	-
	Mediana	2	6	5	3	-
Campagna P18 15/2	<i>n</i>	6	6	6	6	4
	Media	3	2	3	3	4
	Min	2	1	2	1	3
	Max	5	3	5	6	4
	Mediana	3	2	2	2	4

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 4	Torre 7	Ravano
Campagna P18 15/1	<i>n</i>	3	3	5	5	-
	Media	39	39	39	38	-
	Min	36	37	37	33	-
	Max	40	42	41	44	-
	Mediana	40	38	38	39	-
Campagna P18 15/2	<i>n</i>	6	6	6	6	4
	Media	33	21	24	21	36
	Min	8	3	7	8	12
	Max	54	39	43	36	50
	Mediana	38	21	22	21	41

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 4	Torre 7	Ravano
Campagna P18 15/1	<i>n</i>	3	3	5	5	
	Media	2	3	2	2	
	Min	2	2	2	2	
	Max	2	3	3	2	
	Mediana	2	3	2	2	
Campagna P18 15/2	<i>n</i>	6	6	6	6	4
	Media	5	4	4	3	5
	Min	3	2	2	2	3
	Max	6	6	6	5	7
	Mediana	6	3	4	3	4

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:

- **Cadmio:** nelle due campagne, i valori di concentrazione di Cd nelle PTS sono rimasti sempre pari al limite di rilevabilità in aria (1 ng/m³);
- **Nickel:** nelle due campagne, i valori di concentrazione di Ni sono rimasti compresi normalmente tra 2 e 5 ng/m³ in tutte le postazioni, salvo il 3/3 e il 30/8 a Torre 7, in cui si sono misurate concentrazioni leggermente superiori, rispettivamente di 7 e 9 ng/m³.
- **Manganese:** nelle due campagne di monitoraggio le concentrazioni di Manganese sono rimaste comprese tra 3 e 30 ng/m³, ad esclusione di Banchina Enel e Torre 4 in cui si sono avute concentrazioni elevate (39 ng/m³) nel giorno 6/8/15 (durante la campagna **P18 15/2**).
- **Piombo:** durante le campagne di monitoraggio, i valori di concentrazione di Pb sono rimasti compresi normalmente tra 1 e 8 ng/m³ in tutte le postazioni;

- **Cromo totale:** durante la campagna 15/1, le concentrazioni sono rimaste comprese tra 33 e 40 ng/m³, mentre nella campagna 15/2 si sono avuti anche valori inferiori (7 - 54 ng/m³) che hanno inciso sulla concentrazione media, abbassandola, da 39 ng/m³ a 21 - 36 ng/m³ a seconda della postazione.
- **Vanadio:** nelle due campagne, la concentrazione di Vanadio è rimasta compresa tra 2 e 7 ng/m³, risultando piuttosto uniforme in tutte le postazioni in entrambe le campagne di monitoraggio.

7 SINTESI DEI RISULTATI DEL MONITORAGGIO FINO AL 2015

In questo paragrafo sono valutati i risultati delle campagne della prescrizione 18 effettuate nel 2014 (P18 14/0, 14/1) e nel 2015 (P18 15/1, P18 15/2). In particolare, sono stati analizzati gli andamenti riscontrati e la media dei risultati acquisiti nei periodi di scarico e movimentazione di carbone (campagne P18 14/1, 15/1, 15/2) e confrontati col periodo di bianco (campagna P18 14/0), senza scarico di carbone.

Per facilità di lettura, si riportano nel prospetto che segue i periodi delle campagne relative alla prescrizione 18:

Prescrizione 18		
Codifica	Data	Note
P18 14/0	24/05 – 15/06/14	Campagna di "bianco"
P18 14/1	06/08 – 08/09/14	Campagna di monitoraggio estiva
P18 15/1	04/02 – 04/03/15	Campagna di monitoraggio invernale
P18 15/2	23/07 – 02/09/15	Campagna di monitoraggio estiva

Tabella 47 - Sintesi delle campagne della prescrizione 18.

Durante i periodi di monitoraggio riportati nella soprastante Tabella è stato rilevato il passaggio dei mezzi su viale San Bartolomeo e via Privata ENEL al fine di valutare la pressione dovuta al traffico autoveicolare ed il suo andamento nel tempo.

In Appendice 6 sono riportati i valori relativi al traffico nelle due campagne del 2015.

Dall'analisi dei dati si evidenzia che:

- la zona è soggetta ad elevato traffico con alta percentuale di mezzi pesanti;
- il traffico pesante subisce rispetto ai giorni lavorativi (lu-ve) una evidente riduzione il sabato, molto marcata la domenica;
- il traffico sembra costante nei mesi invernali rispetto a quelli estivi in termine di mezzi transitati ma la quantità di mezzi pesanti è molto superiore in inverno.

Inoltre, rispetto al 2014, la quantità di mezzi transitata su viale San Bartolomeo è diminuita anche a causa del ripristino della normale viabilità per via del cantiere insistente in via Valdilocchi.

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 4, Torre 7 e Diffusore, di tutte le campagne di monitoraggio effettuate. Nel grafico è inoltre riportata l'entità delle precipitazioni occorse nel periodo, in mm di precipitazione.

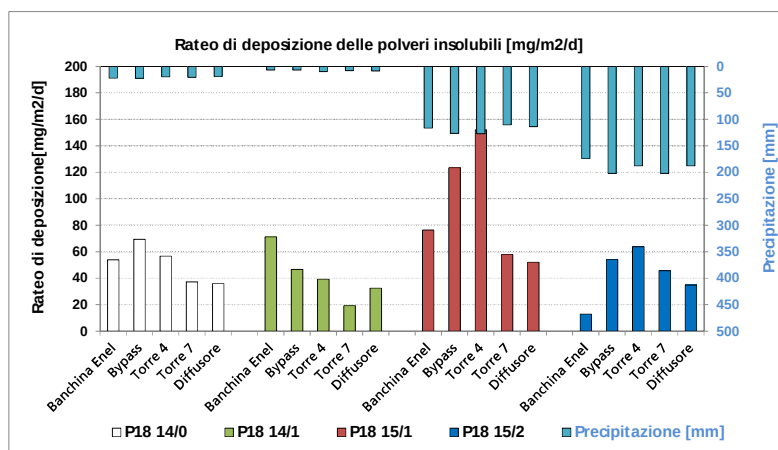


Figura 87 - Rateo di deposizione delle polveri insolubili (campagne P18 14/0, 14/1, 15/1, 15/2).

Tenendo conto della loro estrema variabilità, i ratei delle polveri sedimentabili sono comunque risultati con valori confrontabili in tutte le campagne, ad esclusione della campagna invernale **P18 15/1**, in cui si sono avute deposizioni di polveri relativamente elevate nelle postazioni di Bypass e Torre 4, rispetto alle altre campagne. Tale rialzo potrebbe dipendere da fattori stagionali (andamento da confermare essendo la prima campagna effettuata in periodo invernale) e dalla movimentazione del carbone durante la campagna, che è stata maggiore rispetto a quello delle altre campagne con movimentazione (v.cap.4). Relativamente alle deposizioni nella postazione di Torre 4, il rateo potrebbe essere stato influenzato anche dalla modifica della viabilità nella zona nel periodo considerato. Salvo quindi i ratei della campagna invernale **P18 15/1** osservati nelle due postazioni di Bypass e Torre 4, i ratei riscontrati nelle altre postazioni e per tutte le altre campagne sono pienamente confrontabili tra di loro, in un contesto complessivo di deposizioni quantitativamente modeste, ovvero inferiori ai 100 mg/m²/d e in linea con i ratei riscontrabili in aree urbane.

Inoltre, nelle due campagne estive condotte durante lo scarico del carbone (P18 14/1 e **P18 15/2**), i ratei di deposizione sono risultati quantitativamente simili a quelli rilevati nella campagna di bianco estiva P18 14/0. Solo il rateo di deposizione misurato a Banchina Enel durante la campagna 15/2, in quanto oltremodo basso, potrebbe essere ricondotto ad un malfunzionamento dello strumento di misurazione verificatosi durante la campagna di campionamento.

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 è meno evidente per Diffusore, in quanto presumibilmente la relativa lontananza dall'asse viario e la schermatura della sua collocazione rispetto alle attività portuali di movimentazione merci potrebbero aver limitato più che in passato la sua rappresentatività nella valutazione delle deposizioni costiere non influenzate dallo scarico del carbone. Se confermato nelle campagne del 2016, ciò potrebbe portare ad una ridefinizione della sua collocazione.

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 2, sono confrontati i valori dei ratei di ogni campagna ordinando le postazione dalle più prossime allo scarico del carbone (Banchina Enel, Bypass e Torre 4) alle più lontane (Torre 7 e Diffusore):

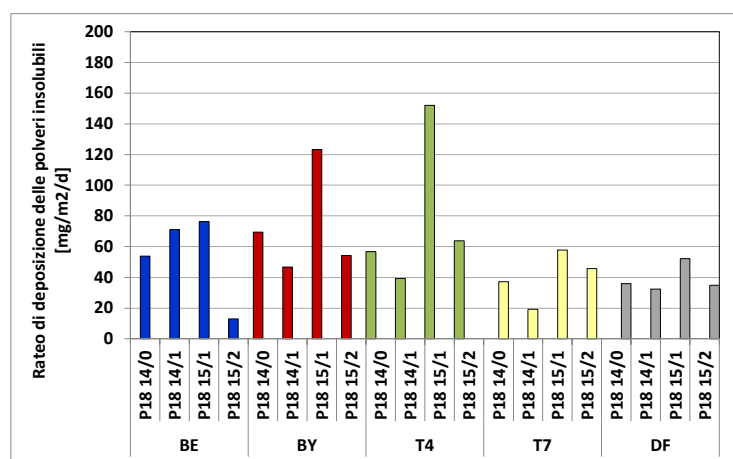


Figura 88 - Rateo di deposizione delle polveri insolubili delle campagne della prescrizione P18.

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

- l'anomalo basso rateo misurato in Banchina Enel (BE) nella campagna estiva del 2015 (**P18 15/2**);
- l'alto rateo avutosi in Bypass (BY) nella campagna invernale 2015 (**P18 15/1**);
- l'alto rateo misurato in Torre 4 (T4) nella campagna invernale 2015 (**P18 15/1**).

Di seguito è confrontato il rateo di deposizione **medio** delle polveri misurate durante le campagne effettuate con movimentazione del carbone e quella senza movimentazione di carbone (campagna di bianco P18 14/0). La riga sovrapposta alle barre delle medie indica ± 1 deviazione standard delle misure.

Il confronto descrive un quadro parziale a causa del limitato numero di campagne rappresentative dei differenti andamenti stagionali.

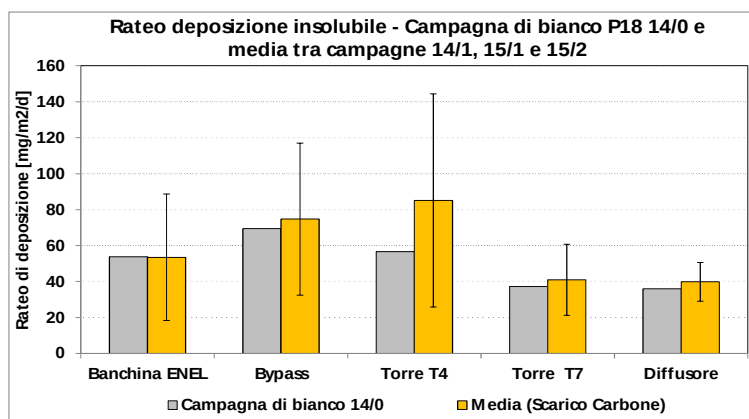


Figura 89 - Confronto rateo di deposizione medio delle polveri insolubili misurato durante la campagna di bianco (14/0) e nei periodi di scarico di carbone (14/1, 15/1, 15/2).

Dall'istogramma precedente si può osservare che i valori medi di deposizioni di polveri durante lo scarico e movimentazione del carbone per quasi tutte le postazioni sono prossimi a quelli della campagna di bianco, ma risalta l'elevata dispersione intorno al valore medio che è probabilmente dovuta anche a fattori stagionali. Rispetto alle altre postazioni, il valore medio dei ratei di deposizione delle polveri a Torre 4 nei periodi di movimentazione e scarico di carbone appare decisamente maggiore rispetto alla campagna di bianco, soprattutto per il rateo rilevato durante la campagna invernale P18 15/1.

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 del 2014 e del 2015, tutti espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$:

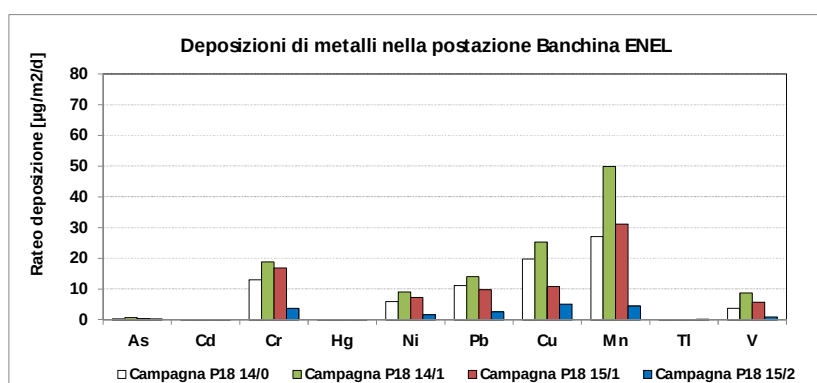


Figura 4 - Deposizione di metalli nelle polveri insolubili (campagne P18 14/0, 14/1, 15/1, 15/2) - Banchina Enel.

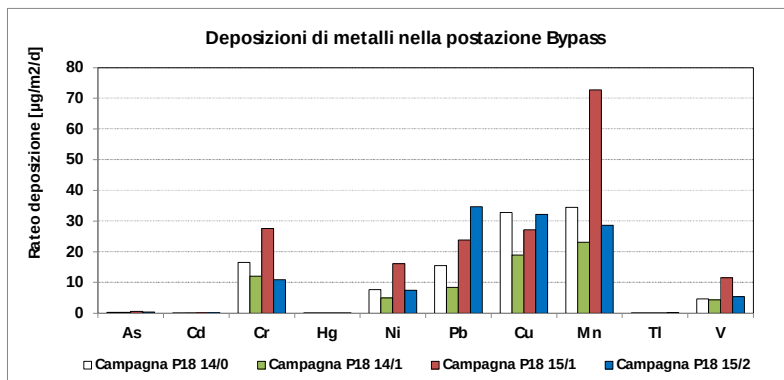


Figura 91 - Deposizione di metalli nelle polveri insolubili (campagne P18 14/0, 14/1, 15/1, 15/2) - Bypass.

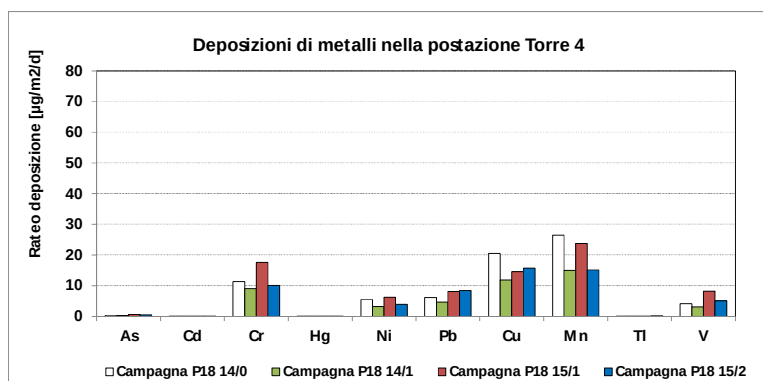


Figura 92 - Deposizione di metalli nelle polveri insolubili (campagne P18 14/0, 14/1, 15/1, 15/2) - Torre 4.

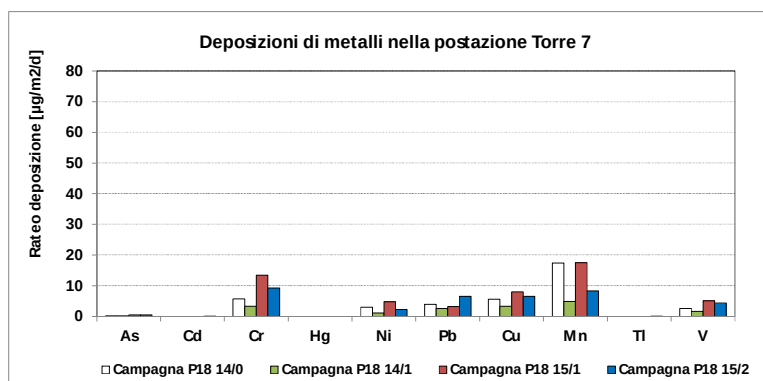


Figura 93 - Deposizione di metalli nelle polveri insolubili (campagne P18 14/0, 14/1, 15/1, 15/2) - Torre 7.

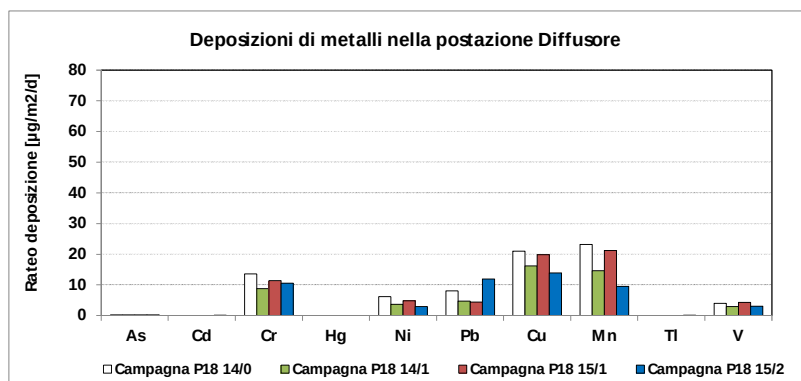


Figura 94 - Deposizione di metalli nelle polveri insolubili (campagne P18 14/0, 14/1, 15/1, 15/2) - Diffusore.

Dai grafici sopra riportati è possibile fare le seguenti osservazioni:

- In tutte le postazioni ad eccezione di Banchina Enel, durante la campagna invernale **P18 15/1** si sono misurati i valori più elevati di metalli nelle deposizioni. Tali valori sono tuttavia quantitativamente comparabili con quelli avuti nella campagna di bianco P18 14/0, ad esclusione del Manganese che nella postazione di Bypass è risultato particolarmente elevato. In Banchina Enel, invece le deposizioni maggiori di metalli si sono avute durante la campagna estiva 2014 (P18 14/1). Nelle campagne seguenti (**P18 15/1** e **P18 15/2**) le deposizioni sono state tuttavia minori e confrontabili con la campagna di bianco P18 14/0.
- Le deposizioni di metalli più elevate sono state misurate in Bypass, in controtendenza con l'entità delle polveri che sono risultate invece maggiori nelle deposizioni di Torre 4. Ciò indica che le deposizioni di metalli in Torre 4 non sono correlabili alla maggiore deposizione di polveri avvenuta nella campagna **P18 15/1**, in quanto il carbone incombusto che ha causato l'aumento di deposizioni in Torre T₄ non è caratterizzato da un elevato contenuto in metalli. Viceversa, in Bypass si evidenzia un aumento delle deposizioni di quei metalli (Cr, Ni, Mn, V) che sono associabili a sorgenti antropiche quali traffico veicolare o intra-portuale, combustione, attività industriali. Diversamente, il processo di scarico e movimentazione di carbone non sembra influenzare la deposizione di metalli nella postazione di Banchina, che nella campagna 15/1 risulta minore rispetto alla precedente.

Pur nella limitatezza dei dati sperimentali, sembrerebbe quindi che nel periodo invernale, ove sono più influenti le pressioni antropiche, la deposizione di metalli è tendenzialmente maggiore di quella dei periodi estivi. In ogni caso, i ratei di deposizione dei metalli, ma anche quelli delle polveri sedimentabili, sono ampiamente entro i valori guida come medie annuali adottati in alcune nazioni europee, riportati nel cap. 5, e tipici di ambienti urbani e rurali europei (v. cap. 5).

7.1.2 Concentrazione di metalli nelle deposizioni di polveri sedimentabili

Per valutare le possibili variazioni intervenute nella composizione delle polveri depositate durante le campagne di monitoraggio, si è proceduto al calcolo delle concentrazioni dei metalli. Negli istogrammi seguenti sono mostrate appunto le **concentrazioni** dei metalli nelle deposizioni raccolte nelle cinque postazioni nel corso delle campagne:

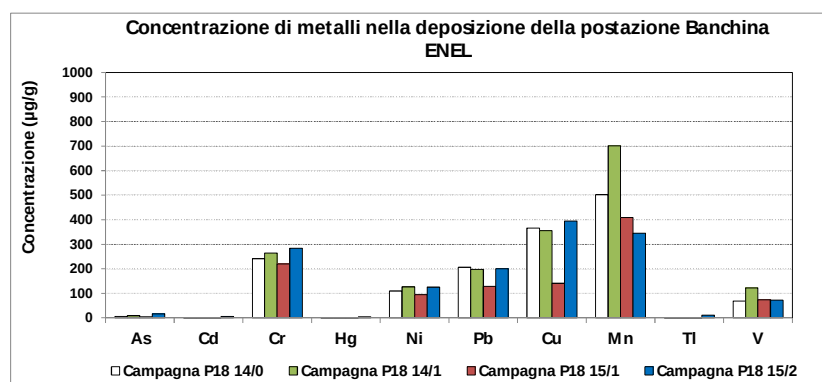


Figura 95 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili (campagne P18 14/0, 14/1, 15/1, 15/2) - Banchina Enel.

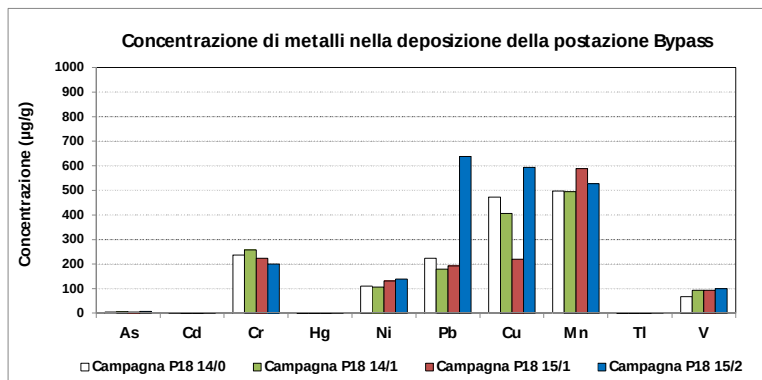


Figura 96 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili (campagne P18 14/0, 14/1, 15/1, 15/2) - Bypass.

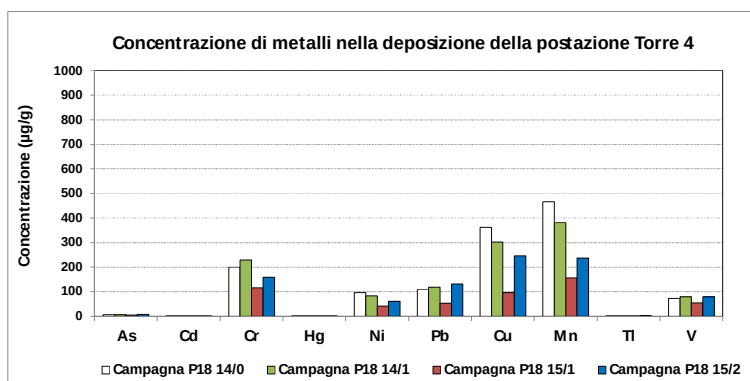


Figura 97 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili (campagne P18 14/0, 14/1, 15/1, 15/2) - Torre 4.

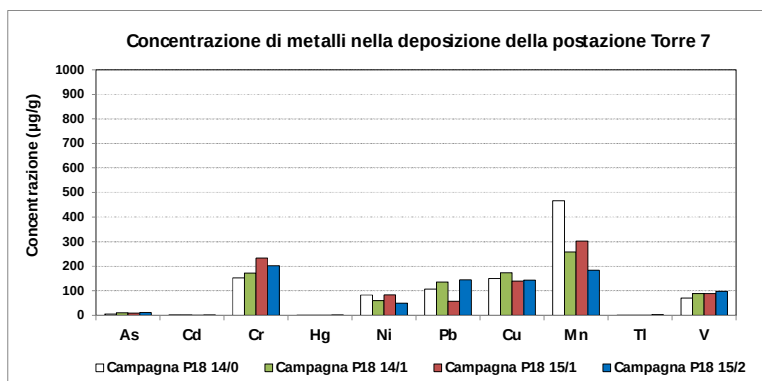


Figura 98 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili (campagne P18 14/0, 14/1, 15/1, 15/2) - Torre 7.

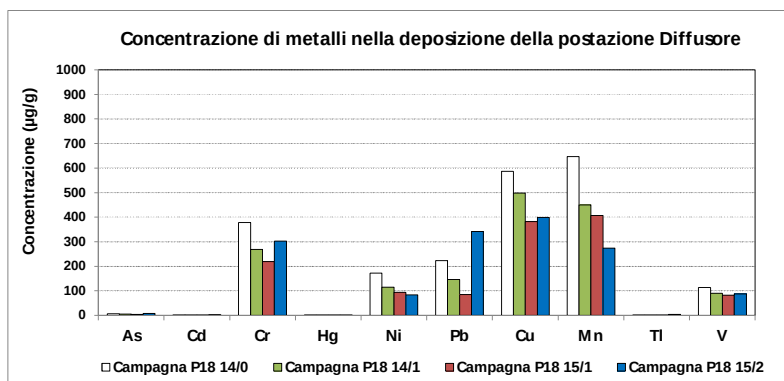


Figura 99 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili (campagne P18 14/0, 14/1, 15/1, 15/2) - Diffusore.

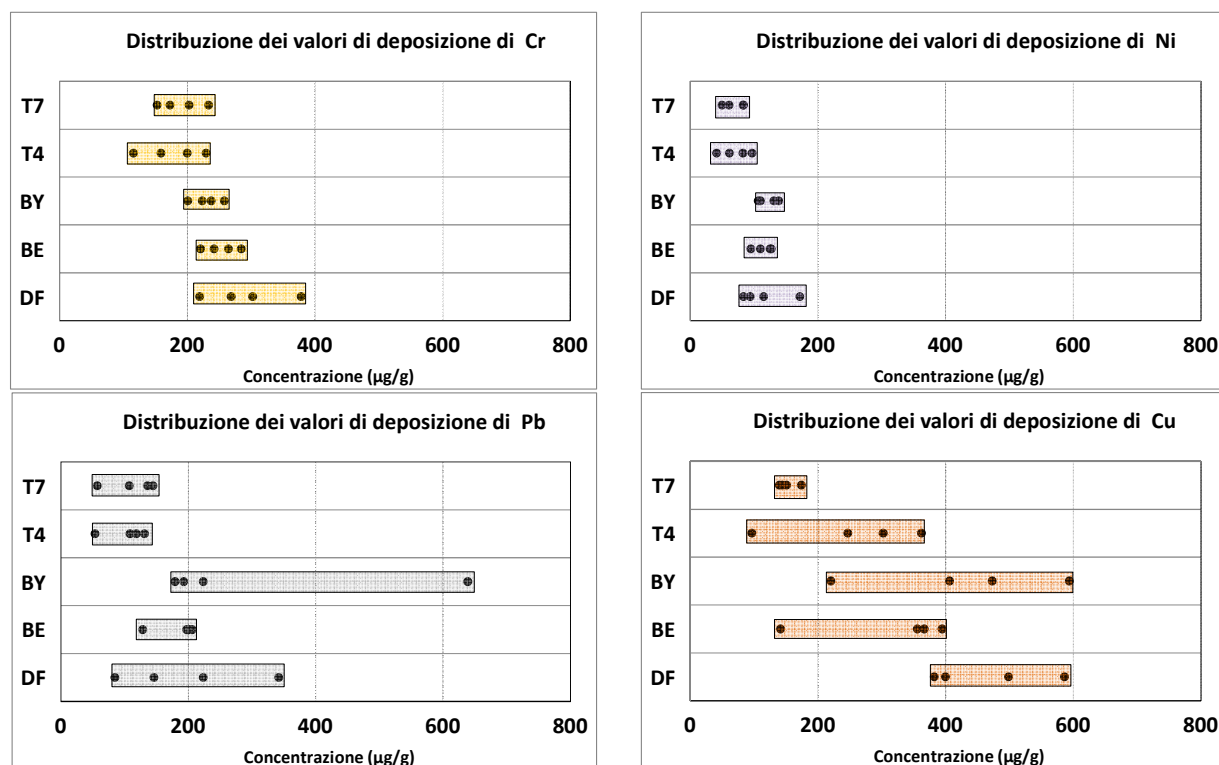
I metalli ricercati, comprensivi di quelli considerati avversi alla salute umana, sono una componente minoritaria delle polveri depositate e complessivamente hanno rappresentato dal 0,05 a 0,22% del totale delle polveri depositate. I metalli che normalmente vengono rinvenuti in quantità maggiore nelle polveri sono Mn (18-45% del totale di metalli presenti), Cu (13-32%), Pb (6-29%) e Cr (9-26%). Ni e V sono presenti in quantità inferiori e gli altri sono decisamente 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 Cr, Ni e V nelle polveri nelle singole postazioni è poco variata nel corso delle campagne;
- rispetto alle altre campagne si è avuto un netto aumento della concentrazione di Pb e Cu nelle postazioni di Bypass e Diffusore nella campagna estiva **P18 P15/2** e del solo Pb a Diffusore nella stessa campagna;
- in quasi tutte le postazioni, la concentrazione di Cu è diminuita nella campagna invernale **P18 15/1**;
- il Mn sembra mostrare una tendenza alla diminuzione della sua concentrazione nel corso delle campagne, salvo che nella postazione di Bypass.

Da quanto sopra esposto, risulterebbe quindi che, le polveri depositate nelle campagne in ciascuna postazione sono caratterizzate da un basso contenuto di metalli che differiscono solo in casi limitati.

Le figure seguenti confrontano le concentrazioni rilevate nelle polveri per i metalli maggioritari, con l'aggiunta di Ni e V. I punti rappresentano i risultati di tutte le campagne effettuate, i box sono rappresentativi della distribuzione dei dati:



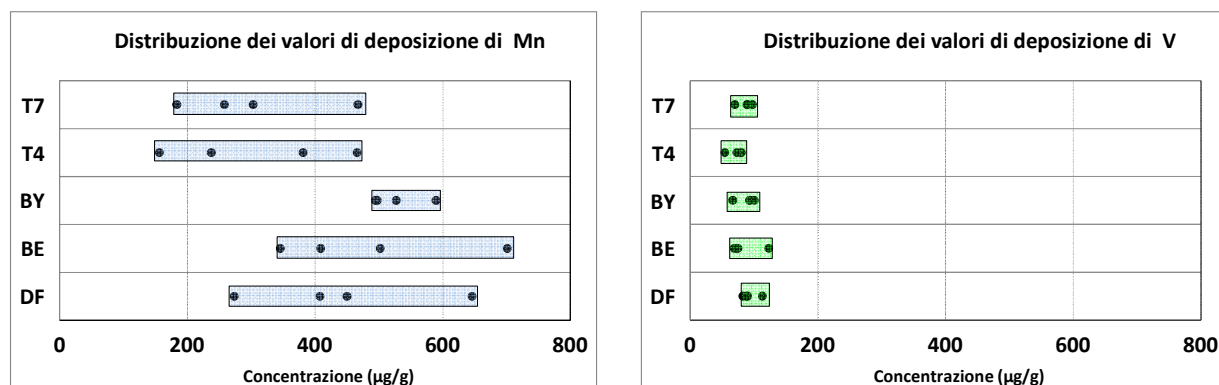


Figura 100 – Distribuzione della concentrazione dei metalli nelle deposizioni

Le figure precedenti permettono di confrontare anche l'andamento spaziale della variazione delle concentrazioni di metalli nelle polveri delle singole 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.

Un caso a sé risulta essere l'andamento delle deposizioni di metalli nella postazione di **Torre 4** durante la campagna invernale **P18 15/1**. Se in questa campagna si è rilevata la massima deposizione di polveri (v. Figura 88), si è anche avuta la minima concentrazione di metalli rispetto alle altre campagne effettuate in Torre 4 (v. Figura 97) ed è la minima in assoluto. Le polveri di questa campagna infatti, hanno un contenuto di metalli totali pari allo 0,05% a fronte del 0,09-0,1 % riscontrato nelle altre campagne. Associando questo fatto alla maggiore movimentazione di carbone avvenuta soprattutto nel vicino carbonile di Val Fornola, diventa plausibile la presenza di carbone, per altro confermata dalle altre indagini analitiche effettuate (v. par. 5.3 EC/OC e 5.4 SEM).

La distribuzione relativa dei metalli nelle polveri di tutte le campagne condotte in Torre 4 è però poco variata qualitativamente. Infatti, esaminando la figura che segue, in cui è confrontata la distribuzione % dei metalli determinati rispetto al loro totale, si nota una contenuta variazione nelle diverse campagne:

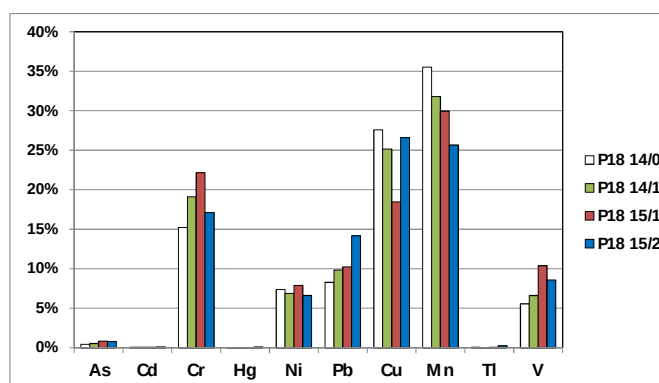


Figura 101 – Distribuzione percentuale dei metalli nelle deposizioni in Torre 4.

7.2 Andamento e caratterizzazione delle polveri totali sospese (PTS)

Di seguito sono riportati graficamente gli andamenti temporali delle concentrazioni medie giornaliere nelle quattro postazioni in cui sono state misurate le polveri totali sospese (PTS), ovvero Banchina ENEL, Bypass, Torre 4 e Torre 7. I valori sono espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I periodi evidenziati da sfondi a differenti colori aiutano a identificare le campagne. E' stata riportata anche la piovosità giornaliera, (mm di precipitazione cumulata):

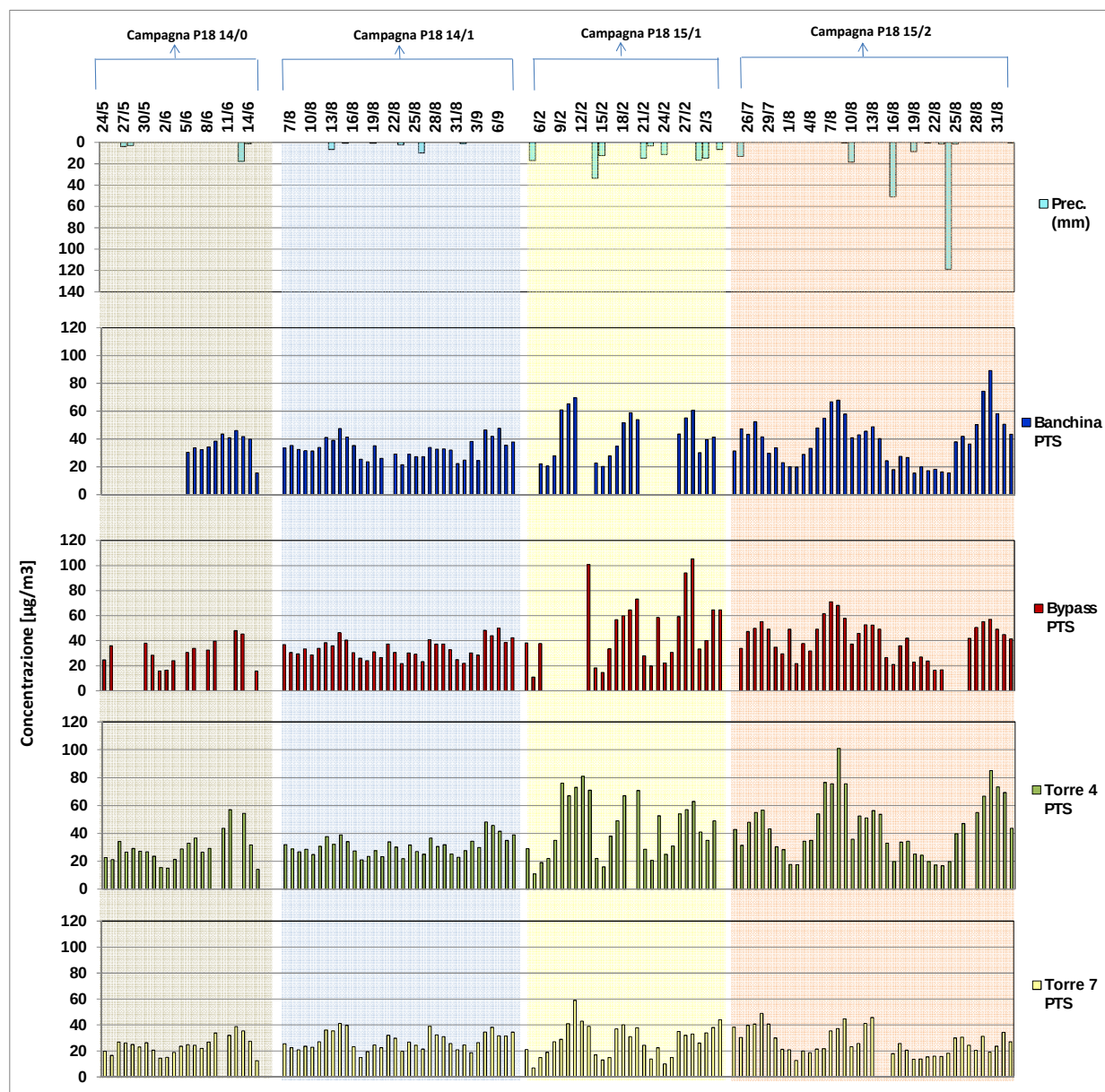


Figura 102 – Andamento delle PTS nelle postazioni di Banchina, Bypass, Torre 4 e Torre 7 durante i monitoraggi 2014 - 2015 della Prescrizione 18.

Dalla figura 16 si possono subito cogliere alcuni aspetti qualitativi, meglio esaminati nel seguito in termini quantitativi:

- gli andamenti temporali sono abbastanza simili in tutte le postazioni, in particolare durante la campagna P18 14/1;
- la polverosità maggiore è riscontrata nelle campagne del 2015;
- le minori concentrazioni di PTS si riscontrano nella postazione di Torre 7, la più lontana dalla costa.

Nella tabella che segue sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard rilevati in Banchina Enel, Bypass, Torre 4 e Torre 7 nel periodo di assenza (campagna P18 14/0) e di scarico e movimentazione di carbone (campagna P18 14/1, P18 15/1 e P18 15/2). Sono inoltre riportati minimo, massimo e mediana per ogni campagna di monitoraggio e per ogni postazione:

		<i>Banchina Enel</i>	<i>Bypass</i>	<i>Torre 4</i>	<i>Torre 7</i>
Campagna P18 14/0 (28/05 - 15/06/14) Assenza movimentazione carbone	media±dev St	36,1 ± 8,4	30,7 ± 10,5	29,5 ± 11,3	24,3 ± 6,8
	minimo	15,6	15,7	14,2	12,5
	massimo	46,0	48,0	56,9	38,7
	mediana	38,6	31,7	27,2	24,6
Campagna P18 14/1 (06/08 - 08/09/14) Presenza movimentazione carbone	media±dev St	33,3 ± 7,1	33,6 ± 7,4	31,1 ± 6,5	27,7 ± 6,8
	minimo	21,6	21,8	21,0	15,0
	massimo	47,7	50,0	48,2	41,2
	mediana	32,9	32,0	30,4	26,1
Campagna P18 15/1 (04/02 - 04/03/15) Presenza movimentazione carbone	media±dev St	42,5 ± 16,2	49,1 ± 26,6	44,6 ± 20,8	28,2 ± 12,2
	minimo	20,4	10,9	11,0	7,0
	massimo	69,7	105,3	81,0	59,0
	mediana	41,3	40,2	41,0	29,0
Campagna P18 15/2 (24/07 - 02/09/15) Presenza movimentazione carbone	media±dev St	39,0 ± 17,3	42,1 ± 13,9	44,9 ± 20,8	27,1 ± 9,9
	minimo	15,5	16,4	16,8	12,6
	massimo	89,2	71,1	101,0	49,0
	mediana	40,3	45,0	43,0	24,5

Tabella 48 - Confronto tra i valori media ± 1 deviazione standard e altri indicatori statistici per le PTS rilevate nelle campagne della prescrizione P18. Valori in µg/m³.

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 quando media e mediana sono molto confrontabili. La tabella evidenzia, inoltre, che:

- nelle due campagne del 2014, la concentrazione media di PTS è risultata minore di quella del 2015 in tutte le postazioni, salvo che a Torre 7 la cui concentrazione media è rimasta abbastanza costante. Va rimarcato però che le campagne del 2014 non hanno compreso periodi di monitoraggio nella stagione fredda limitando la loro rappresentatività stagionale;
- sebbene nella campagna invernale **P18 15/1** vi sia stata una più elevata movimentazione di carbone, la concentrazione media di PTS in aria è confrontabile con quella della successiva campagna estiva per le postazioni di Torre 4 e Torre 7 mentre è superiore nelle postazioni di Banchina ENEL e Bypass. Questi due periodi sono stati però anche caratterizzati da condizioni meteo differenti, quale la stabilità dello strato limite, che hanno potuto incidere sulle differenze riscontrate.

Nella figura seguente, sono riportate le concentrazioni medie e le loro relative deviazioni standard, riportate nella tabella precedente, per un confronto più immediato:

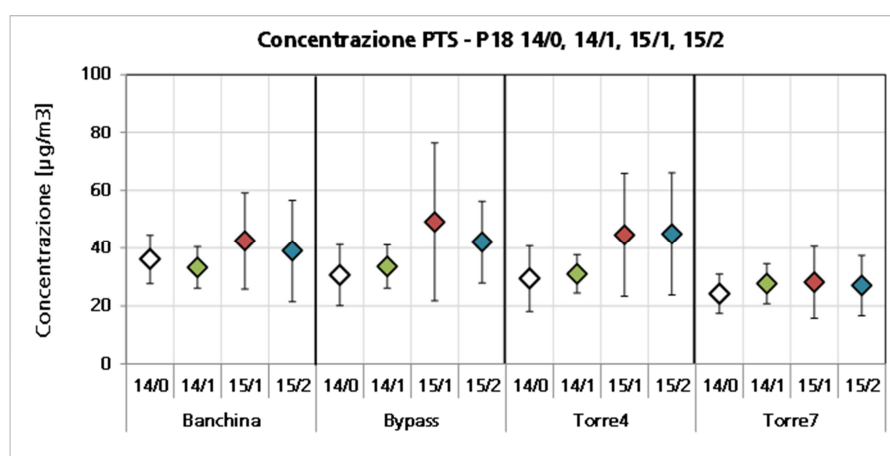


Figura 103 - Concentrazione media±dev.st. delle PTS nelle postazioni di Banchina, Bypass, Torre 4 e Torre 7 durante i monitoraggi 2014 - 2015 (Prescrizione 18).

Oltre a quanto già sopra riportato, la figura evidenzia che la polverosità, tenendo conto dell'elevata dispersione di dati, è sostanzialmente confrontabile in tutte le campagne e potrebbe dipendere da fattori climatici e da altri apporti dell'ambiente urbano oltre che dalla movimentazione del carbone.

7.2.1 Contenuto di metalli nelle polveri totali sospese (PTS)

Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati delle concentrazioni medie ± 1 deviazione standard di Cadmio (Cd), Cromo totale (Cr tot), Manganese (Mn), Piombo (Pb), Nickel (Ni) e Vanadio (V) nelle PTS durante le campagne 2014 e 2015. I valori sono 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 - 14/0 14/1 15/1 15/2					
Valori in ng/m^3	Sigla campagna P18	Banchina Enel	Bypass	Torre 4	Torre 7
Cd	14/0	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.
	14/1	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.
	15/1	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.
	15/2	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.	1 $\pm$ n.c.
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
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
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
Cr	14/0	20 $\pm$ n.c.	20 $\pm$ n.c.	18 $\pm$ 1	17 $\pm$ 2
	14/1	35 $\pm$ 10	36 $\pm$ 13	34 $\pm$ 14	31 $\pm$ 13
	15/1	39 $\pm$ 2	39 $\pm$ 3	39 $\pm$ 2	38 $\pm$ 4
	15/2	33 $\pm$ 18	21 $\pm$ 16	24 $\pm$ 18	21 $\pm$ 14
V	14/0	20 $\pm$ n.c.	13 $\pm$ 11	4 $\pm$ 2	6 $\pm$ 5
	14/1	4 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1	4 $\pm$ 2	3 $\pm$ 2
	15/1	2 $\pm$ n.c.	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ n.c.
	15/2	5 $\pm$ 2	4 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1

Tabella 49 - Concentrazione media $\pm$ dev.st. di metalli nelle PTS - Campagne P18 - 14/0, 14/1, 15/1, 15/2.

Nella figura 18 sono riportati i valori delle concentrazioni medie di metalli nelle PTS, riportati nella tabella precedente:

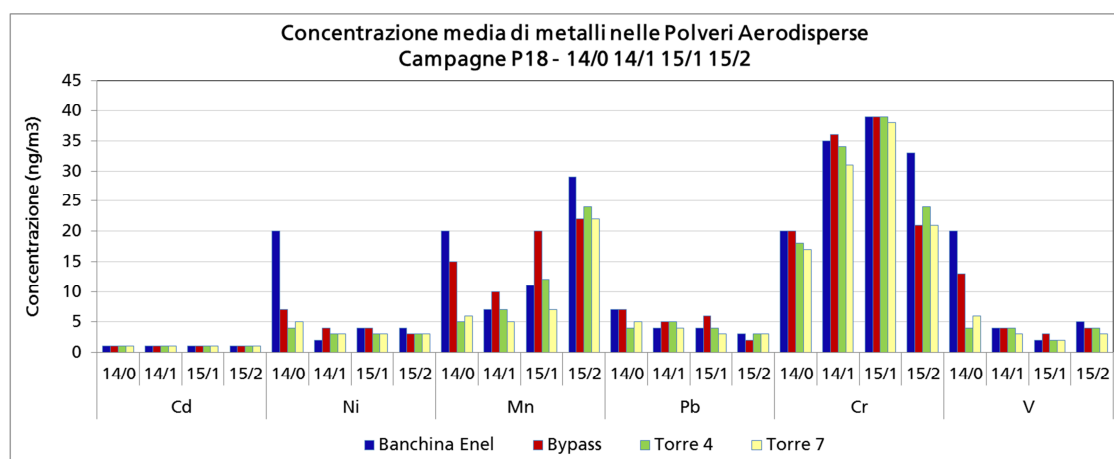


Figura 104 - Concentrazione media di metalli nelle polveri PTS - Campagne P18 - 14/0, 14/1, 15/1, 15/2.

Relativamente alla tabella e figura precedenti, si possono fare le seguenti osservazioni:

- **Cadmio:** in tutte le campagne, i valori di concentrazione di Cd nelle PTS sono rimasti sempre pari al limite di rilevabilità in aria (1 ng/m^3);
- **Nickel:** escludendo il valore elevato misurato in Banchina Enel (20 ng/m^3) durante la campagna di bianco, nelle campagne 2014 - 2015 le concentrazioni medie di Ni sono rimaste comprese normalmente tra 2 e 5 ng/m^3 in tutte le postazioni;
- come il Nickel, anche per il **Vanadio**, se si escludono i dati misurati in Banchina Enel e Bypass durante la campagna P18 14/o (rispettivamente 20 ng/m^3 e 13 ng/m^3), le concentrazioni risultano caratterizzate da una sostanziale stabilità ($2 - 5 \text{ ng/m}^3$);
- **Manganese:** insieme al Cr è il metallo normalmente maggioritario nelle PTS, con concentrazioni più elevate nelle campagne del 2015, specie in quella estiva **P18 15/2**. Per tale metallo, dal 2014 al 2015, sembrerebbe essersi instaurato un andamento in leggero aumento, in tutte le postazioni in controtendenza rispetto alle deposizioni;
- **Piombo:** i valori di concentrazione media di Pb sono rimasti compresi normalmente tra 2 e 7 ng/m^3 in tutte le postazioni. Così come per il Ni e per il V, si nota che le concentrazioni sono caratterizzate da una sostanziale stabilità, anche se sembra esservi una tendenza temporale alla diminuzione in aria;
- **Cromo totale:** le concentrazioni medie di Cr nelle polveri totali sospese tra il 2014 e la prima campagna del 2015 sono aumentate per poi diminuire nella seconda campagna del 2015. Se si esclude la concentrazione media di Cr della campagna **P18 15/2** in Banchina ENEL, si nota però che nel contesto temporale di ogni campagna la sua concentrazione è risultata simile in tutte le postazione suggerendo una sorgente diffusa piuttosto che puntuale.

7.3 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 semiquantitativo, 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 sin qui raccolti. I valori sono espressi in % di particelle superficiali identificate come carbone nelle deposizioni. Il valore $< 0,1$, indica il limite di rilevabilità:

Postazione	Campagna P18 14/0	Campagna P18 14/1	Campagna P18 15/1	Campagna P18 15/2
Banchina ENEL	1,9	0,2	<0,1	1,7
Bypass	0,1	0,4	<0,1	<0,1
Torre T ₄	3,6	4,4	1,4	3,7
Torre T ₇	<0,1	1,3	2,2	1,3
Diffusore	<0,1	<0,1	<0,1	0,3

Tabella 50 - 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 (al massimo il 4%) ed è relativa a Torre T₄, più limitata a Torre T₇, saltuaria in Banchina ENEL e praticamente assente nella zona del Bypass e del Diffusore. La postazione Torre T₄ dovrebbe quindi risentire della diffusione di polveri dal vicino carbonile di Val Fornola mentre Banchina ENEL di eventuali emissioni diffuse durante lo scarico dalle navi e Torre T₇ di emissioni diffuse dal carbonile di Val Bosca, più protetto rispetto a quello di Val Fornola dagli agenti atmosferici e dal risollevarimento delle polveri dovute a movimentazione meccanica.

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. Tutti i valori sono espressi in mg/m²/d. Inoltre è riportato il valore del rapporto OC/EC per ogni campagna e per postazione.

Postazione	Campagna	polveri	OC	EC	TC	OC/EC
Banchina Enel	P18 14/0	54	9,7	13,8	23,5	0,7
Banchina Enel	P18 14/1	71	6,0	10,8	16,8	0,6
Banchina Enel	P18 15/1	76	7,4	8,3	15,6	0,9
Banchina Enel	P18 15/2	13	2,4	1,3	3,7	1,9
Bypass	P18 14/0	69	9,9	9,5	19,4	1,0
Bypass	P18 14/1	47	10,1	9,1	19,2	1,1
Bypass	P18 15/1	123	12,3	8,5	20,8	1,5
Bypass	P18 15/2	54	11,0	3,8	14,7	2,9
Torre 4	P18 14/0	57	11,6	14,5	26,2	0,8
Torre 4	P18 14/1	39	11,9	20,5	32,4	0,6
Torre 4	P18 15/1	152	14,9	28,6	43,5	0,5
Torre 4	P18 15/2	64	6,9	13,1	19,9	0,5
Torre 7	P18 14/0	37	16,2	14,1	30,3	1,2
Torre 7	P18 14/1	19	13,3	20,0	33,3	0,7
Torre 7	P18 15/1	58	8,5	9,8	18,3	0,9
Torre 7	P18 15/2	46	4,8	5,5	10,2	0,9
Diffusore	P18 14/0	36	14,1	7,4	21,5	1,9
Diffusore	P18 14/1	32	14,4	11,2	25,7	1,3
Diffusore	P18 15/1	52	5,4	2,8	8,2	1,9
Diffusore	P18 15/2	35	2,7	1,0	3,7	2,7

 Tabella 51 - 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:

- una diminuzione del carbonio OC e EC nelle campagne del 2015 (P18 15/1 e P18 15/2) rispetto a quelle del 2014 (P18 14/0 e 14/1), salvo che in Torre 4, in cui durante la campagna invernale P18 15/1 si sono misurati i valori più alti;
- un evidente calo del carbonio totale (TC) nella campagna estiva del 2015 (P18 15/2) in tutte le postazioni rispetto alla analoga campagna estiva (P18 14/1) che dovrebbe essere attribuibile a soli fattori meteo climatici, essendo state eseguite in analoghe condizioni di scarico e movimentazione del carbone;

- le maggiori deposizioni di OC e EC in Torre 4 durante la campagna invernale **P18 15/1**, quella anche con la maggiore movimentazione di carbone.

Le figure seguenti aiutano a valutare l'andamento temporale del rateo di deposizione delle componenti carboniose OC, EC e TC:

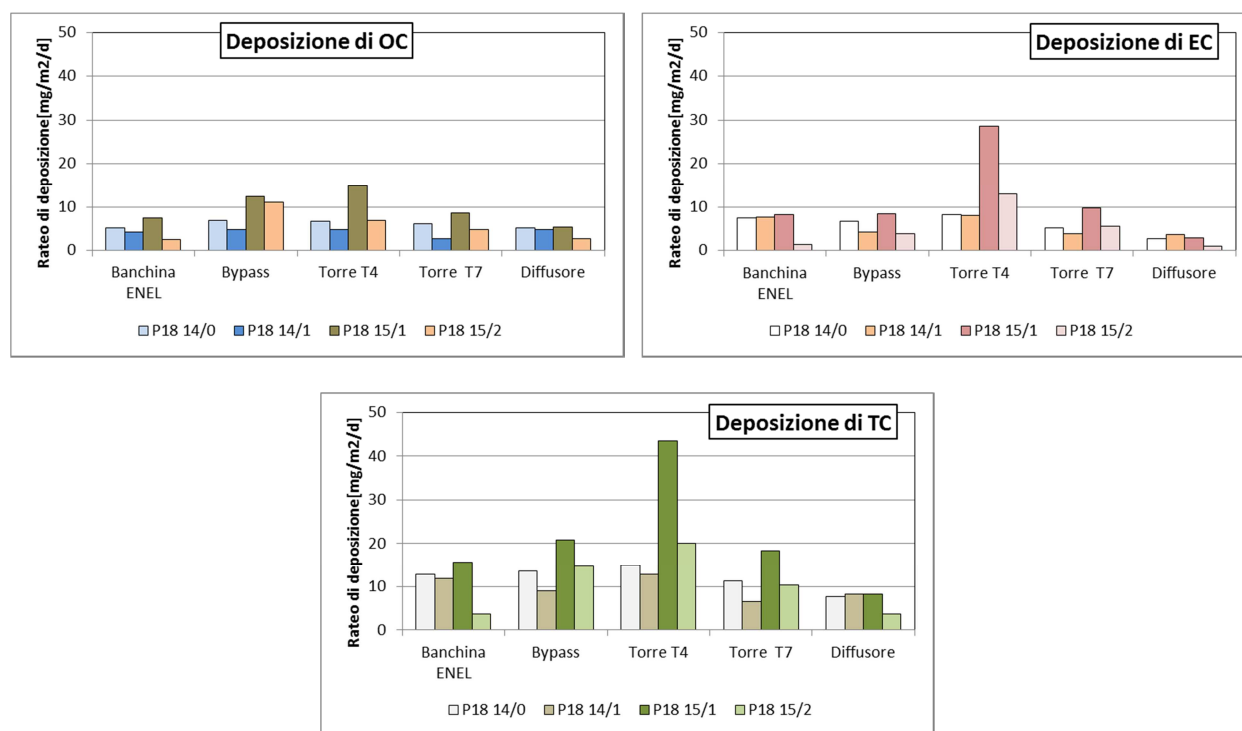


Figura 105 - Andamento temporale del rateo di deposizione di EC, OC e TC.

Risaltano bene dai grafici alcuni ulteriori andamenti:

- durante la campagna invernale **P18 15/1** si sono misurate le deposizioni più elevate di OC e EC e ciò è un fenomeno tipico stagionale e attribuibile alle emissioni da sorgenti civili e industriali, traffico incluso, che faticano a disperdersi nell'atmosfera;
- la considerazione del punto precedente non è completamente applicabile al caso di Torre 4, in cui è aumentata soprattutto la deposizione di EC (quasi triplicata) che si può correlare con la diffusione locale delle polveri di carbone in accordo con tutte le osservazioni fatte in precedenza sulla natura delle polveri sedimentate durante la campagna invernale **P18 15/1**.

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

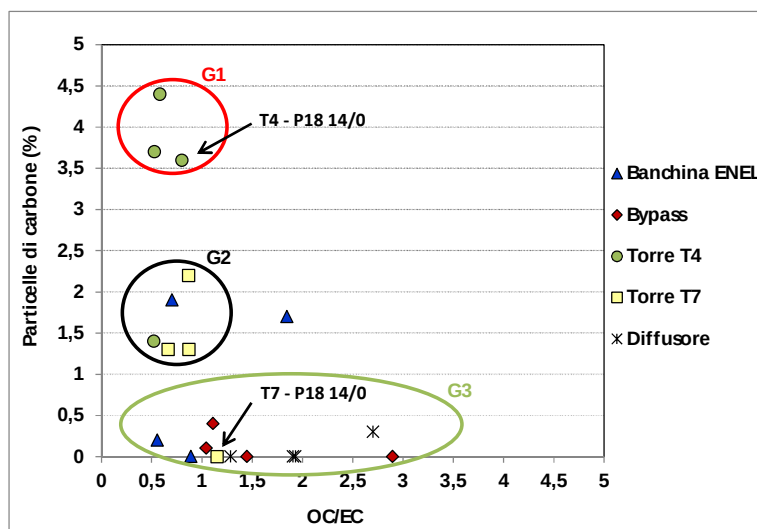


Figura 106 - Scatter plot tra OC/EC e particelle di carbone (%) in ogni postazione.

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

- gruppo "G1" (cerchio rosso), costituito dai punti dati dal rapporto OC/EC compreso tra 0,5 e 1 e da una percentuale di particelle di carbone tra 3,5 e 4,5, e sono tutti relativi alla postazione di Torre 4;
- gruppo "G2" (cerchio nero), costituito dai punti dati dal rapporto OC/EC compreso tra 0,5 e 1 e da una percentuale di particelle di carbone tra 1 e 2,5, e contiene campioni di deposizione prevalentemente relativi alla postazione di Torre 7, uno di Banchina ENEL e uno di Torre 4;
- gruppo "G3" (cerchio verde), costituito dai punti aventi rapporto OC/EC compreso tra 0,5 e 4 e da una quasi totale assenza di particelle di carbone. Tale gruppo include i campioni di deposizione relativi a tutte le altre postazioni.

Solo un punto rimane esterno ai gruppi individuati ed è relativo alla postazione di Banchina Enel, avente un rapporto OC/EC pari a 1,9 e una percentuale di particelle di carbone di 1,7 e va considerato una singolarità in quanto è l'unico ad avere un elevato rapporto OC/EC, contestualmente alla presenza relativamente significativa di particelle di carbone.

Nella postazione T₄, dove si è riscontrata la maggiore presenza di particelle di carbone, non si evidenzia una sostanziale differenza tra le campagne di scarico e quella di bianco (P18 14/0). Diversamente, nella postazione T₇, si nota una differenza rispetto alla campagna di bianco (P18 14/0), come si osserva in Figura .

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.

8 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.

In analogia con l'attuazione della prescrizione 14, contenuta nella citata AIA, la periodicità è stata stabilita 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 in modo da comprendere il maggior numero possibile di giornate di operatività di scarico del carbone da nave, sulla base della programmazione resa disponibile da ENEL della Spezia.

Le campagne del 2015, oggetto di questo rapporto, sono state condotte negli stessi punti delle precedenti e sono state suddivise in:

- campagna invernale **P18 15/1**: dal 04/02/2015 al 04/03/2015, con la centrale operativa e con scarico da parte di navi carboniere;
- campagna estiva, **P18 15/2**: dal 23/07/2015 al 02/09/2015, con la centrale operativa e con scarico da parte di navi carboniere.

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 2015.

Relativamente alle attività di scarico del carbone, le campagne di monitoraggio sono state rappresentative dell'anno 2015, sia rispetto alle quantità di carbone scaricate giornalmente che ai giorni di scarico effettivo; nel dettaglio:

- considerando solo le giornate in cui è avvenuto lo scarico, la quantità media giornaliera di carbone scaricato dalle navi è stata maggiore di quella scaricata mediamente nell'anno: la media giornaliera della campagna **P18 15/1** è stata di 6'68g t/g e quella della campagna **P18 15/2** pari a 7'226 t/g mentre quella annuale è stata 6'564 t/g;
- la percentuale di giorni di scarico in ogni campagna è stata superiore alla percentuale annuale: la percentuale della campagna **P18 15/1** è stata 90% e quella della campagna **P18 15/2**, 50% mentre quella annuale è stata 44%.

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

La prima si è svolta prevalentemente nel corso del mese di Febbraio, in un periodo che si è dimostrato dalle caratteristiche più invernali rispetto ai mesi precedenti, ma comunque nella norma climatologica. La seconda si è svolta nel mese di Agosto, in cui si è verificata una rilevante anomalia termica nel corso delle prime tre settimane, seguita poi da un significativo evento meteorico caratterizzato da un quantitativo di pioggia in meno di 24 ore pari a quello caduto nei 3 mesi precedenti.

Dall'analisi del **rateo di deposizioni** di polveri nelle due campagne di monitoraggio si è riscontrata una variabilità elevata, probabilmente dovuta anche a fattori meteorologici stagionali, con valori di deposizioni più elevati (da 52 a 152 mg/m²/d) durante la campagna invernale **P18 15/1** rispetto a quelli della successiva campagna estiva **P18 15/2** (da 13 a 64 mg/m²/d).

Nelle campagne sin qui condotte, i ratei risultano tuttavia relativamente omogenei con limitate peculiarità, come ad esempio il rateo elevato a Torre 4 e Bypass durante la campagna invernale **P18 15/1**. Il massimo a Torre 4 è probabilmente associabile alla elevata movimentazione del carbone che ha interessato particolarmente l'adiacente carbonile di Val Fornola. Quello a Bypass, invece, dipende probabilmente da un effetto stagionale e dalle caratteristiche urbane e di traffico della postazione.

L'entità delle deposizioni di entrambe le campagne effettuate è risultato comunque sempre ampiamente inferiore ai valori guida europei (v. cap.5).

Dall'analisi del **contenuto in metalli** nelle deposizioni di polveri, risulta evidente che anche nel 2015 le deposizioni hanno avuto un andamento decrescente allontanandosi dall'area di costa verso Torre 7. Le deposizioni dei metalli maggioritari sono rimaste comprese entro un intervallo simile e relativamente ristretto in tutte le postazioni esclusa quella di Bypass in cui è stato registrato spesso il massimo relativo. Deposizioni mediamente basse si sono verificate nella postazione di Banchina Enel, con ratei bassi e confrontabili a quelle di Diffusore durante la campagna **P18 15/1** e le minime assolute durante la campagna estiva **P18 15/2**.

Facendo un confronto con i valori guida della Germania e considerando il valore massimo delle deposizioni rilevato nelle differenti postazioni, si può osservare che i ratei riscontrati alla Spezia sono risultati inferiori di circa 6-17 volte per quanto riguarda l'As, 20-29 volte per il Cd, 3-15 volte per il Pb, 19 volte per il Hg e 14 volte per il Tl. Per quanto riguarda il Ni in un solo caso si discosta dal valore guida tedesco.

In termini di concentrazione di metalli nelle polveri, i minimi valori sono stati riscontrati nelle polveri depositate a Torre 4 durante la campagna invernale **P18 15/1**, quella con il massimo scarico di carbone.

Gli esami condotti in **microscopia elettronica** (SEM) evidenziano che la diffusione di particelle riconducibili al carbone incombusto nelle deposizioni è quantitativamente molto limitata (al massimo il 4%) e riguarda la zona di Banchina ENEL e di Torre 4, in misura minore Torre 7 ed è praticamente assente nella zona di Bypass e di Diffusore. Torre 4 è infatti potenzialmente più esposta alla diffusione di polveri dal vicino carbonile di Val Fornola, Banchina ENEL ad eventuali accidentali diffusioni di polveri durante lo scarico dalle navi e Torre 7 alle possibili diffusioni dal carbonile di Val Bosca (più protetto rispetto a quello di Val Fornola agli agenti atmosferici e ai risollevari da movimentazione meccanica).

Per quanto riguarda il contenuto di **carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC) misurato nelle deposizioni atmosferiche**, durante la campagna invernale **P18 15/1**, si sono misurate le deposizioni più elevate di OC, EC e TC: ciò è un fenomeno tipico stagionale e attribuibile alle emissioni da sorgenti civili e industriali, traffico incluso, che faticano a disperdersi nell'atmosfera. Nel caso di Torre 4, invece è aumentata soprattutto la deposizione di EC e ciò si può correlare con la diffusione locale delle polveri di carbone in accordo con tutte le osservazioni fatte in precedenza sulla natura delle polveri sedimentate durante la campagna invernale **P18 15/1**.

Dall'analisi dell'andamento e caratterizzazione delle **Polveri Totali Sospese (PTS)** è emerso che i valori medi misurati nella campagna **P18 15/1** sono molto prossimi a quelli della campagna **P18 15/2** all'interno della deviazione standard.

Non emergono inoltre, particolari correlazioni tra le tonnellate di carbone scaricato e le polveri totali sospese, che invece risultano ben correlate con il PM₁₀ misurato in alcune delle postazioni utilizzate nella prescrizione 14 all'interno degli stessi periodi temporali di monitoraggio. Ciò potrebbe indicare che il maggior contributo alle polveri totali sospese può derivare principalmente da risollevarimento di polveri più grossolane maggiormente dovuto al traffico autoveicolare intenso.

Infine, la determinazione analitica di alcuni **metalli sui filtri PTS**, effettuata nelle stesse giornate in cui l'analisi è condotta in alcune postazioni della RQA, ha evidenziato che la concentrazione di metalli del 2015 non sembra significativamente correlata alla movimentazione del carbone quanto piuttosto a fattori di pressione più generali (risollevarimento di polveri, emissioni industriali e civili, ecc.) e anche probabilmente legati a fattori climatici.

I risultati delle campagne della prescrizione 18 effettuate nel 2014 e nel 2015 sono stati esaminati nel loro complesso e confrontati col periodo di bianco senza scarico di carbone.

A parte il caso delle deposizioni in Torre 4 delle campagne **P18 15/1**, nelle altre campagne si è osservata una tendenza alla diminuzione del **rateo di deposizione** di polveri sedimentabili man mano

che ci si allontana dalla costa. Nella postazione di Diffusore le deposizioni sono state poco variabili, in quanto presumibilmente la relativa lontananza dall'asse viario e la schermatura della sua collocazione rispetto alle attività portuali di movimentazione merci potrebbero aver limitato più che in passato la sua rappresentatività nella valutazione delle deposizioni costiere non influenzate dallo scarico del carbone.

La **deposizione di metalli**, pur nella limitatezza dei dati sperimentali, è risultata tendenzialmente maggiore nell'unico periodo invernale ad oggi disponibile (quando sono più influenti le pressioni antropiche) rispetto a quella dei periodi estivi. In ogni caso, i ratei di deposizione dei metalli, ma anche quelli delle polveri sedimentabili, sono rimasti sempre ampiamente entro i valori guida, come medie annuali, adottati in alcune nazioni europee. Inoltre è confermato che anche in termini di concentrazione, i metalli tendono a diminuire nelle polveri man mano che ci si allontana dalla fascia costiera.

Il quadro complessivo emerso dal **confronto tra le misure al SEM e quelle sulla componente carboniosa** delle deposizioni, consente di affermare che la polvere di carbone dovuta allo scarico e alla movimentazione del carbone è diffusa in maniera limitata e nell'intorno locale del punto emissivo. Infatti, nella postazione di Bypass, molto prossima in linea d'aria a quella di Banchina ENEL, le polveri sono prive di particelle di carbone ma ricche in carbonio che va pertanto attribuito soprattutto alle emissioni veicolari, specie quello di veicoli pesanti. Nella postazione di Torre 4, in cui si è riscontrata la maggiore presenza di particelle di carbone, la granulometria delle particelle è molto grossolana, quindi con mobilità limitata, e probabilmente disperse più per effetti di trascinamento meccanico che per emissione diretta dai sistemi di movimentazione degli impianti ENEL.

Il monitoraggio relativo alla prescrizione 18 ad oggi condotto ha quindi evidenziato nelle postazioni vicino ai carbonili (Torre 4 e Torre 7) e, saltuariamente, nella zona di scarico (Banchina ENEL) la presenza di carbone che risulta pertanto circoscritta alle immediate vicinanze delle fonti emissive.

Ad oggi i dati sono insufficienti per l'applicazione di modelli al recettore che consentano l'identificazione delle sorgenti emissive e la stima del loro contributo. Pertanto, valutazioni in tal senso sono state fatte con l'analisi comparata dei risultati ottenuti e hanno permesso di affermare che l'inquinamento dell'area è dovuto principalmente al traffico veicolare e navale e la presenza di carbone è solo in prossimità delle fonti di emissione.

Per quanto riguarda i **futuri sviluppi**, a seguito dell'analisi ad oggi elaborata e alle criticità evidenziate, si stanno adottando alcune variazioni nel protocollo di monitoraggio della prescrizione P18 elencate di seguito:

- A seguito dei problemi di sporcamento e degli eventi evidenziati dalla popolazione, ai primi del 2016, ARPAL, previa richiesta dell'amministrazione comunale della Spezia, ha posizionato un campionatore di PTS attivo in continuo presso la postazione RQA di Fossamastra.
- Per analizzare meglio l'impatto dovuto allo scarico del carbone, ARPAL si è dotata di una coppia di strumenti in grado di campionare tre differenti frazioni granulometriche, separandole per le diverse direzioni di provenienza del vento. Essi, opportunamente posizionati rispetto alle fonti di pressione studiate, dovrebbero permettere la valutazione del contributo relativo delle stesse.
- Per analizzare meglio l'impatto dovuto all'attività portuale, con esclusione dello scarico carbone, si integrerà in modo definitivo il monitoraggio PTS con la stazione sperimentale Ravano valutandone la ricollocazione in un punto meno esposto a sollecitazioni termiche che hanno determinato il malfunzionamento periodico dello strumento.
- Per incrementare la rappresentatività stagionale del monitoraggio si è deciso di estendere il periodo di attività all'intero anno per la postazione più critica dal punto di vista della polverosità e oggetto di esposti (Bypass), garantendo una maggiore copertura temporale con dodici campagne mensili.

- Per cogliere meglio gli effetti del risollevarimento nella stessa postazione si è deciso di integrare il monitoraggio con un punto di campionamento a quota inferiore allineandosi a quelle delle altre postazioni.
- Per migliorare la rappresentatività del bianco si valuterà l'opportunità di effettuare una campagna invernale in assenza di movimentazione di carbone.
- A seguito dell'analisi dei dati di Diffusore che mostrano la scarsa sensibilità alle pressioni antropiche insistenti sul sito si valuterà l'opportunità di cambiarne l'ubicazione in un sito più rappresentativo del valore di fondo dovuto alle attività portuali diverse da quelle di scarico del carbone.

9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Birch, M.E., Cary, R.A., 1996. Elemental carbon-based method for occupational monitoring of particulate diesel exhaust: methodology and exposure issues. *Analyst* 121, 1183-1190.

Chow J.C., Watson J.G., Crow D., Lowenthal D.H., and Merrifield T. Comparison of IMPROVE and NIOSH carbon measurements. *Aerosol Sci Technol* 2001: 34: 23-34.

Chow J.C., Watson J.G., Pritchett L.C., Pierson W.R., Frazier C.A., and Purcell R.G. The DRI thermal optical reflectance carbon analysis system F description, evaluation and applications in United-States air-quality studies. *Atmos Environ* 1993: 27: 1185-1201.

Chow, Judith C., et al. "Black and organic carbon emission inventories: review and application to California." *Journal of the Air & Waste Management Association* 60.4 (2010): 497-507.

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

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

Handler, M., Puls, C., Zbiral, J., Marr, I., Puxbaum, H., Limbeck, A., 2008. Size and composition of particulate emissions from motor vehicles in the Kaisermuhlen Tunnel, Vienna. *Atmospheric Environment* 42, 2173-2186.

Jacobson, Mark Z. "Physically-based treatment of elemental carbon optics: Implications for global direct forcing of aerosols." *Geophysical Research Letters* 27.2 (2000): 217-220.

Kanakidou, M., et al. "Organic aerosol and global climate modelling: a review", *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 1053-1123, 2005, <http://www.atmos-chem-phys.net/5/1053/2005/>.

Knaapen, A. M., Borm, P. J. A., Albrecht, C., and Schins, R. P.F.: "Inhaled particles and lung cancer, part A: mechanisms", *Int. J. Cancer*, 109, 799-809, 2004.

Moldanova, Jana, et al. "Physical and chemical characterisation of PM emissions from two ships operating in European Emission Control Areas." *Atmospheric Measurement Techniques* 6.12 (2013): 3577-3596.

NIOSH. Elemental carbon (diesel particulate): Method 5040. In: Eller P.M., Cassinelli M.E., (Eds.). *NIOSH Manual of Analytical Methods*, 4th ed. (1st Suppl.). National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, 1996.

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

Sandrini, S., Fuzzi, S., Piazzalunga, A. Prati, P., Bonasoni, P., Cavalli, F., Bove, M. C., Calvello M., Cappelletti, D., Colombi, C. et al. 2014. Spatial and seasonal variability of carbonaceous aerosol across Italy. *Atmospheric Environment*, 99, 587-598.

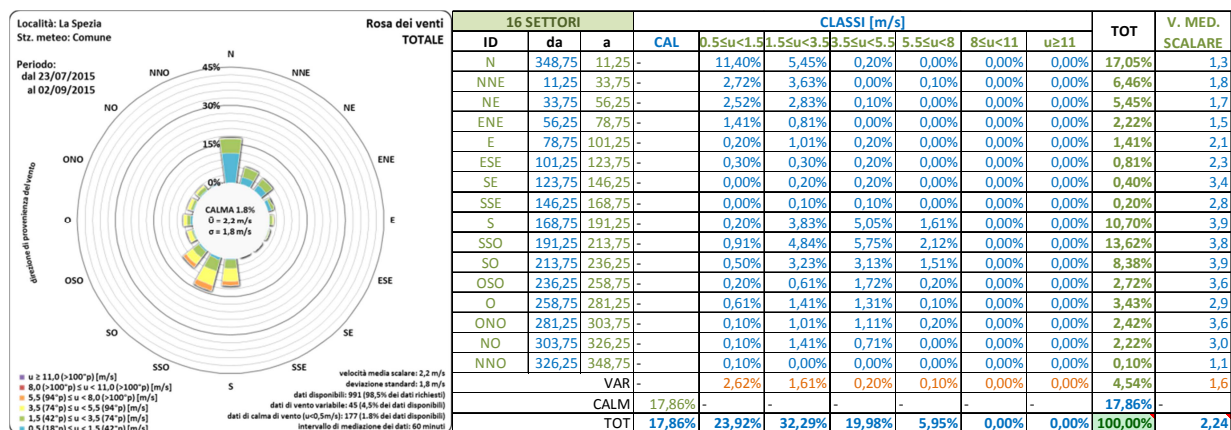
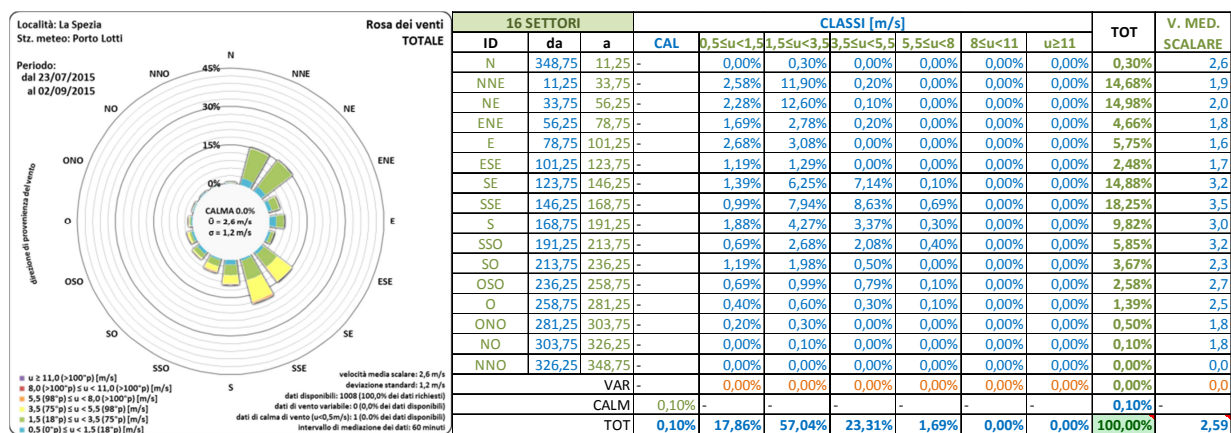
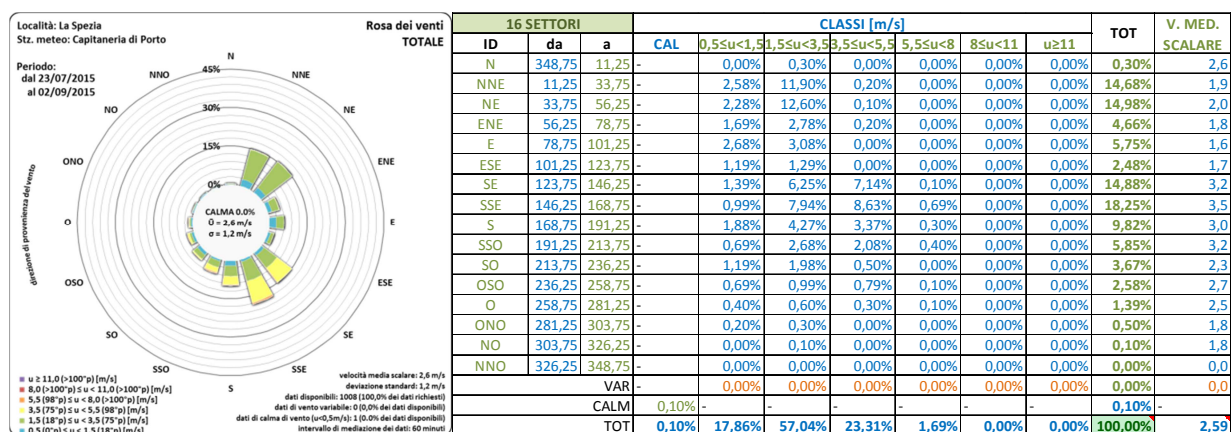
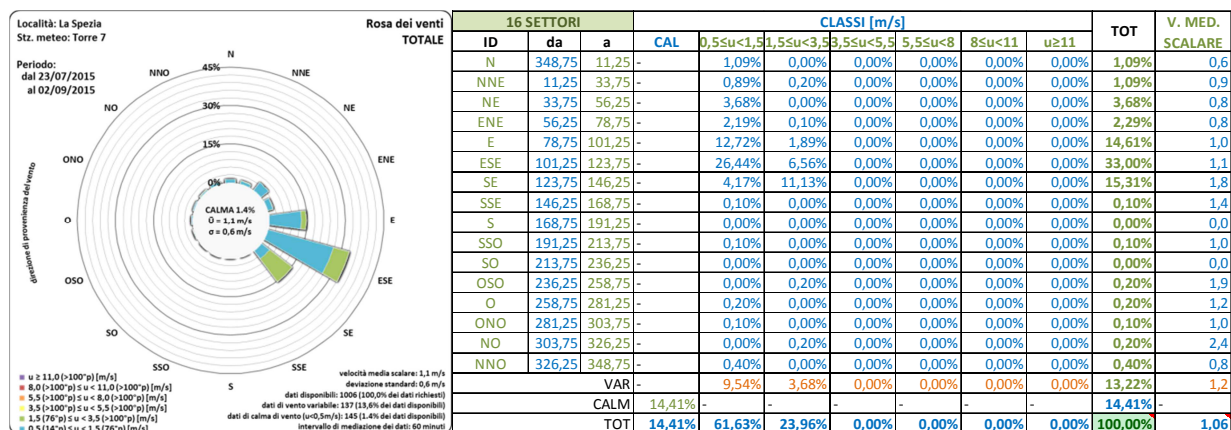
Schauer, James J. "Evaluation of elemental carbon as a marker for diesel particulate matter." *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 13.6 (2003): 443-453.

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

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

APPENDICE 1 – ROSE DEI VENTI DURANTE I PERIODI DI MONITORAGGIO





APPENDICE 2 – PRECIPITAZIONI DURANTE I PERIODI DI MONITORAGGIO

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

Campagna P18 15/1, dal 4 febbraio al 4 marzo 2015. Dati della stazione di Comune della Spezia.

Precipitazione Cumulata Giornaliera	
4/2	0
5/2	16,8
6/2	0
7/2	0
8/2	0
9/2	0
10/2	0
11/2	0
12/2	0
13/2	0
14/2	33,6
15/2	12,2
16/2	0
17/2	0
18/2	0
19/2	0
20/2	0
21/2	14,6
22/2	3,2
23/2	0
24/2	11,2
25/2	0
26/2	0
27/2	0
28/2	0
1/3	16,6
2/3	14,6
3/3	0
4/3	6,4

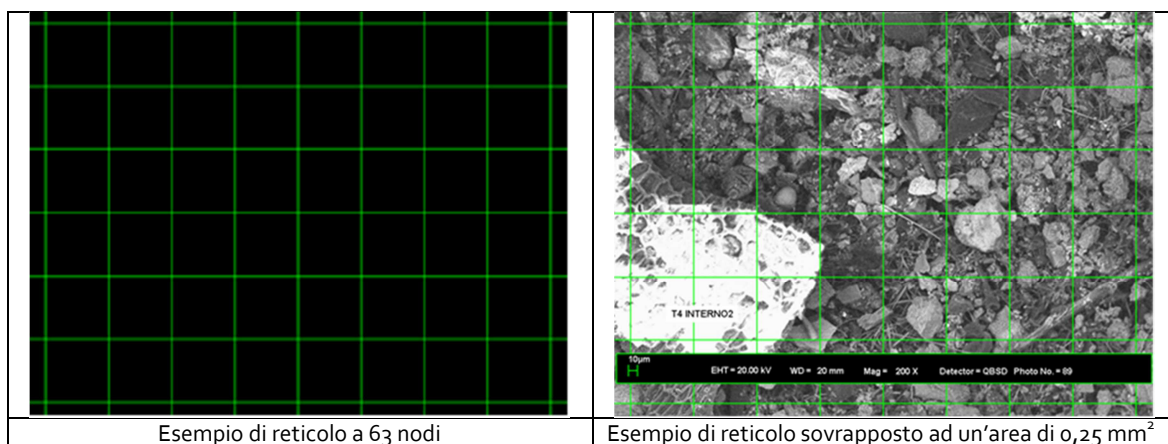
Campagna P18 15/2, dal 23 luglio al 2 settembre 2015. Dati della stazione di Comune della Spezia.

Precipitazione Cumulata Giornaliera	
23/7	1,4
24/7	0
25/7	13,2
26/7	0
27/7	0
28/7	0
29/7	0
30/7	0
31/7	0
1/8	0
2/8	0
3/8	0
4/8	0
5/8	0
6/8	0
7/8	0
8/8	0
9/8	0,4
10/8	18,4
11/8	0
12/8	0
13/8	0
14/8	0
15/8	0
16/8	51
17/8	0
18/8	0
19/8	8,4
20/8	0
21/8	0,4
22/8	0
23/8	1,4
24/8	118,8
25/8	1,6
26/8	0
27/8	0
28/8	0
29/8	0
30/8	0
31/8	0
1/9	0
2/9	0,2

APPENDICE 3 – MODALITÀ OPERATIVA UTILIZZATA PER LE INDAGINI AL SEM

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 quarto¹⁹ 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:

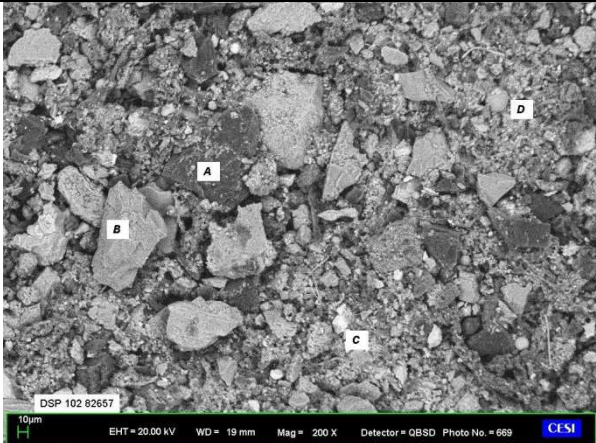


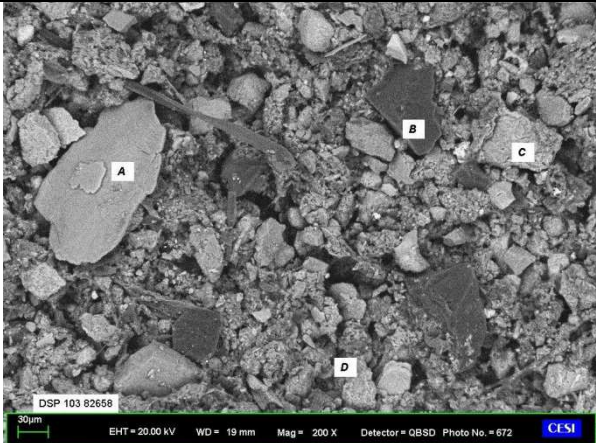
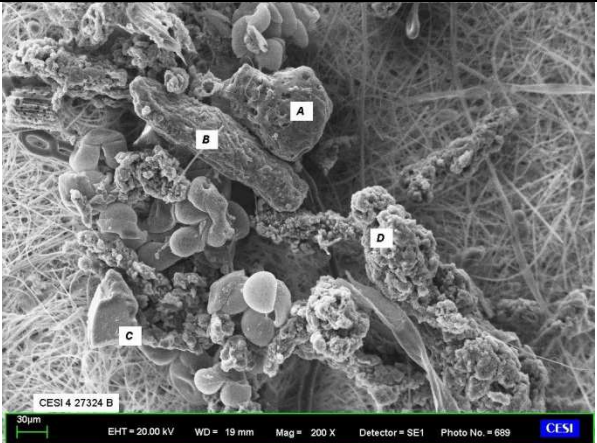
- si procede al conteggio del numero di nodi che cadono all'interno o al bordo di una particella di carbone individuata dallo spettro di microanalisi e dalla morfologia. Come criterio si è adottato il seguente: nel caso di nodi che cadevano all'interno di una particella si è conteggiato un valore di 1, qualora il nodo ricadeva al bordo di una particella si è attribuito un valore di 1/2. 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.

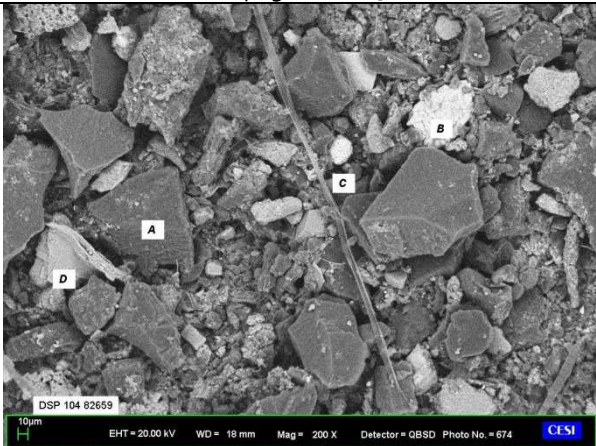
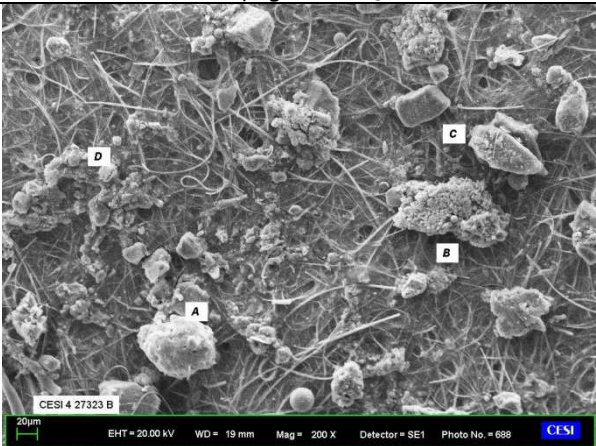
L'operatività necessaria all'analisi in SEM è molto onerosa in termini di impegno di lettura e con possibili elevate differenze tra le diverse zone del filtro a causa della elevata eterogeneità riscontrata e rappresenta un compromesso tra il numero di letture e la rappresentatività delle stesse.

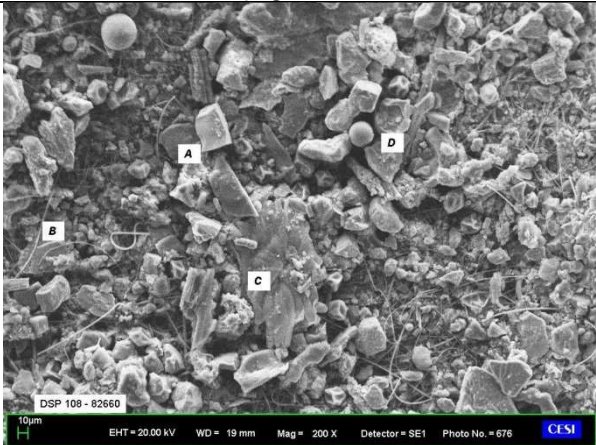
Di seguito sono riportate alcune micrografie SEM (200x) di una area casuale di 0,25 mm² acquisite mediante elettroni secondari per evidenziare la morfologia delle particelle e previa metallizzazione della superficie del campione per evitare effetti di carica elettrostatica della superficie. Le microfotografie sono una indicazione delle tipologie di particelle riscontrate sulla superficie dei filtri dei deposimetri e non riflettono la statistica delle particelle di carbone conteggiate.

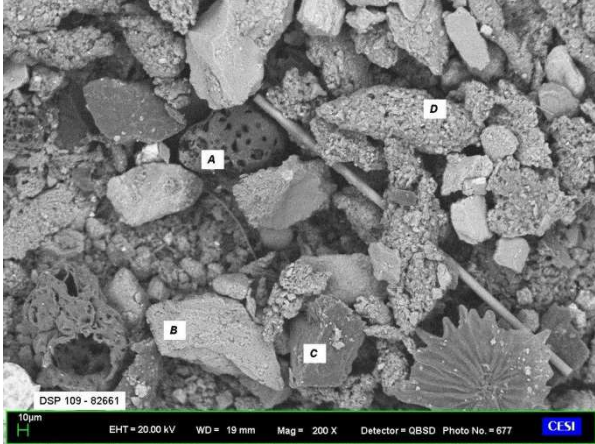
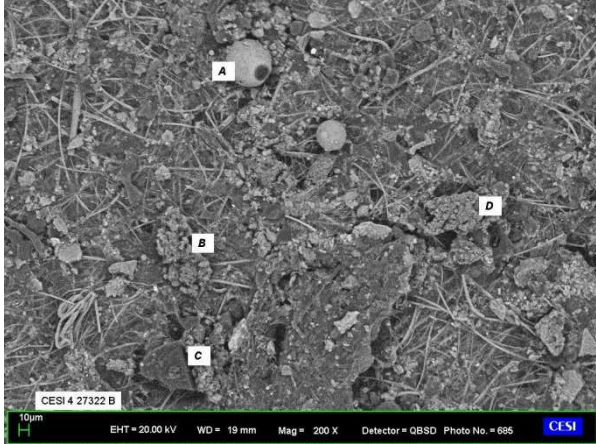
¹⁹ Gli altri quarti di filtro sono stati destinati alle altre caratterizzazioni di tipo chimico.

Banchina ENEL	
Campagna P18 15/1	Campagna P18 15/2
	
A - silicoalluminato B - particella di silice C - ossido di ferro D - sferula di cenere	A - carbone incombusto B – fascio fibroso di possibile origine vegetale C – residuo poroso di prodotto di combustione D - sferula di cenere

Bypass	
Campagna P18 15/1	Campagna P18 15/2
	
A - silicoalluminato B - carbone incombusto C - silicoalluminato D - silico alluminato ferroso	A – particella porosa contenete silice e carbonio B - silicoalluminato C - carbone incombusto D – aggregati di particelle fini contenenti silice e alluminio

Torre 4	
Campagna P18 15/1	Campagna P18 15/2
	
A - carbone incombusto B - ossido di ferro C - solfuro di ferro D - silicoalluminato	A – cenere grossolana B - ossido di ferro C - carbone incombusto D – particella contenente Ti, Si e Al

Torre 7	
Campagna P18 15/1	Campagna P18 15/2
	
A – scaglia da cromatura B - silice C - carbone incombusto D - silicoalluminato	A – silicoalluminato B - carbone incombusto C - silice D – aggregati di silicoalluminati

Diffusore	
Campagna P18 15/1	Campagna P18 15/2
 A – particella porosa contenente S e C B – sale di calcio e magnesio C - silicoalluminato D – silicoalluminato con Fe	 A – silicoalluminato B – aggregati di silicoalluminati C - carbone incombusto D – silicoalluminato con Fe

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

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

Campagna **P18 15/1**: dal 04/02/2015 al 04/03/2015; a centrale in funzione.

Giorno settimana	Data	Banchina PTS [µg/m³]	Bypass PTS [µg/m³]	Torre 4 PTS [µg/m³]	Torre 7 PTS [µg/m³]
mer	4/2	-	38,2	29,0	21,0
gio	5/2	-	10,9	11,0	7,0
ven	6/2	22,2	37,8	19,0	15,0
sab	7/2	20,6	-	22,0	19,0
dom	8/2	27,9	-	35,0	27,0
lun	9/2	60,9	-	76,0	29,0
mar	10/2	65,2	-	67,0	41,0
mer	11/2	69,7	-	73,0	59,0
gio	12/2	-	-	81,0	43,0
ven	13/2	-	100,9	71,0	39,0
sab	14/2	22,8	18,2	22,0	17,0
dom	15/2	20,4	14,7	16,0	13,0
lun	16/2	27,9	33,6	38,0	15,0
mar	17/2	34,8	56,8	49,0	37,0
mer	18/2	51,7	59,9	67,0	40,0
gio	19/2	58,9	64,5	-	31,0
ven	20/2	53,9	73,2	70,8	37,8
sab	21/2	-	27,9	28,7	24,4
dom	22/2	-	19,9	20,6	13,7
lun	23/2	-	58,6	52,6	22,5
mar	24/2	-	22,3	25,0	10,0
mer	25/2	-	30,7	31,0	15,0
gio	26/2	43,6	59,2	54,0	35,0
ven	27/2	55,1	94,2	57,0	32,0
sab	28/2	60,6	105,3	63,0	33,0
dom	1/3	30,2	33,3	41,0	26,0
lun	2/3	39,6	40,2	35,0	34,0
mar	3/3	41,3	64,6	49,0	38,0
mer	4/3	-	64,6	-	44,0

Campagna P18 15/2: dal 24/07/2015 al 02/09/2015; a centrale in funzione.

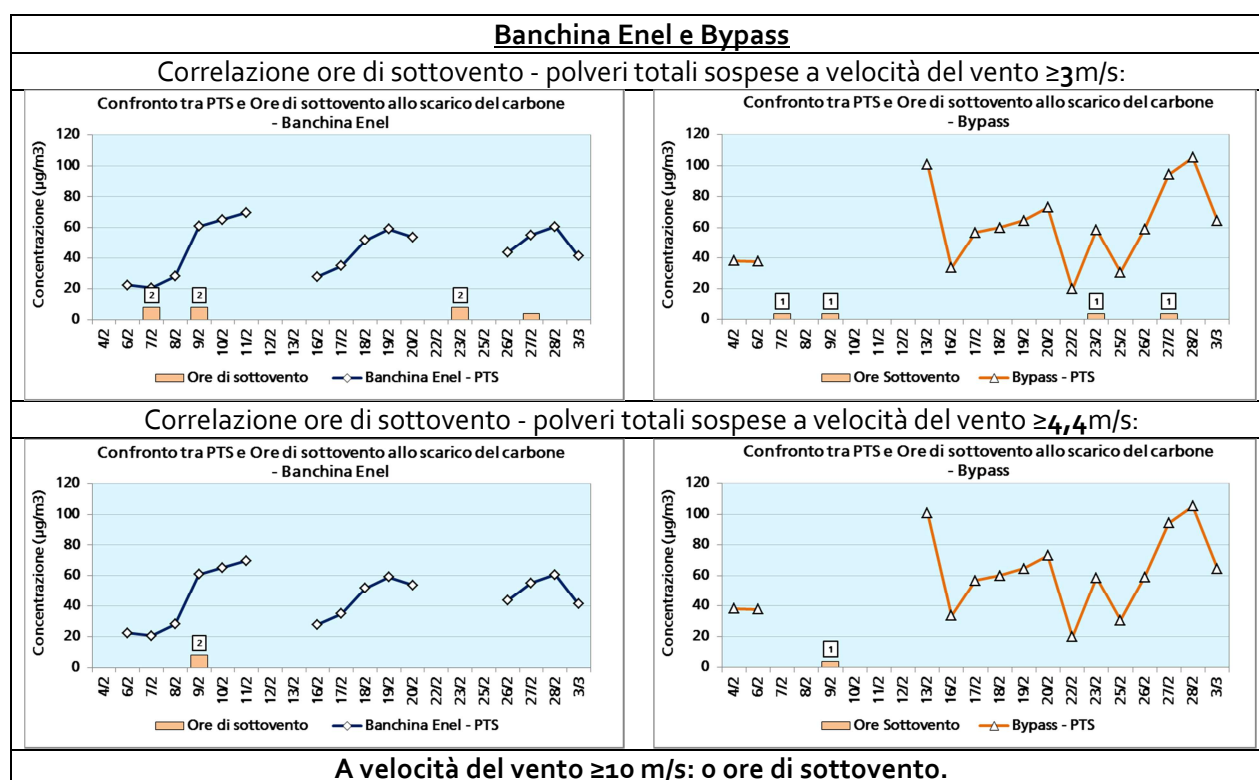
Giorno settimana	Data	Banchina PTS [µg/m³]	Bypass PTS [µg/m³]	Torre 4 PTS [µg/m³]	Torre 7 PTS [µg/m³]	Ravano PTS [µg/m³]
ven	24/7	31,4	-	42,9	38,4	-
sab	25/7	47,3	33,8	31,5	30,4	42,4
dom	26/7	43,3	47,4	47,9	39,8	57,4
lun	27/7	52,5	49,9	55,0	40,6	91,0
mar	28/7	41,5	55,3	56,7	49,0	67,4
mer	29/7	29,7	49,2	43,2	40,7	54,3
gio	30/7	33,8	34,9	30,4	30,1	47,8
ven	31/7	23,0	29,5	28,4	21,2	-
sab	1/8	20,1	49,2	17,7	20,9	28,6
dom	2/8	19,8	21,7	17,6	12,6	25,5
lun	3/8	28,9	37,8	34,5	20,0	37,8
mar	4/8	33,3	31,8	35,1	18,6	-
mer	5/8	48,0	49,2	54,0	21,4	-
gio	6/8	54,8	61,7	76,6	21,8	-
ven	7/8	66,7	71,1	75,7	35,4	-
sab	8/8	67,9	68,1	101,0	37,2	-
dom	9/8	58,0	57,8	75,5	44,8	-
lun	10/8	40,8	37,2	35,8	23,3	-
mar	11/8	43,0	45,8	52,5	25,7	-
mer	12/8	45,7	52,6	51,0	41,1	-
gio	13/8	48,8	52,5	56,4	45,8	61,9
ven	14/8	40,3	49,2	53,7	-	50,2
sab	15/8	24,3	26,5	33,0	-	-
dom	16/8	18,0	21,0	19,9	17,9	-
lun	17/8	27,5	36,0	33,7	25,7	-
mar	18/8	26,6	42,1	34,3	20,5	-
mer	19/8	15,5	22,9	25,2	13,6	27,2
gio	20/8	20,0	27,1	24,3	13,8	28,5
ven	21/8	17,3	23,8	19,8	15,4	28,3
sab	22/8	18,3	16,4	17,4	16,0	23,0
dom	23/8	16,3	16,7	16,8	15,8	20,1
lun	24/8	15,6	-	19,8	18,3	-
mar	25/8	38,0	-	39,8	30,1	-
mer	26/8	41,9	-	47,0	30,6	-
gio	27/8	36,4	41,8	-	24,5	-
ven	28/8	50,4	50,6	55,0	20,5	47,0
sab	29/8	74,4	55,3	66,7	31,3	-
dom	30/8	89,2	57,1	85,0	19,1	33,9
lun	31/8	58,1	49,2	73,3	23,6	49,2
mar	1/9	50,6	45,0	69,3	34,3	45,1
mer	2/9	43,4	41,4	43,6	27,1	39,2

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

Di seguito sono riportati i grafici relativi alle ore di sottovento alle sorgenti indicate nella tabella successiva, correlate con la concentrazione di polveri totali sospese ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), per ogni postazione, nei due periodi di monitoraggio (Campagna 15/1 e Campagna 15/2). Per una valutazione più corretta sono stati selezionati solo i giorni con precipitazione uguale a 0 mm o inferiori a 4 mm: giorni "secchi" e diversi livelli di intensità del vento che potrebbero favorire il trasporto delle polveri di carbone.

Postazione	Fonte di polverosità potenziale
Banchina Enel	Scarico carbone
Bypass	Scarico carbone
Torre 4	Carbonile e Nastro Trasportatore
Torre 7	Carbonile e Nastro Trasportatore

Di seguito sono mostrati i risultati delle correlazioni "Ore di sottovento e concentrazione di PTS" per il periodo 04/02/2015 - 04/03/2015, **Campagna 15/1**.

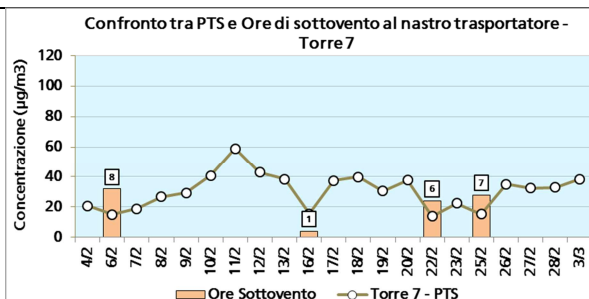
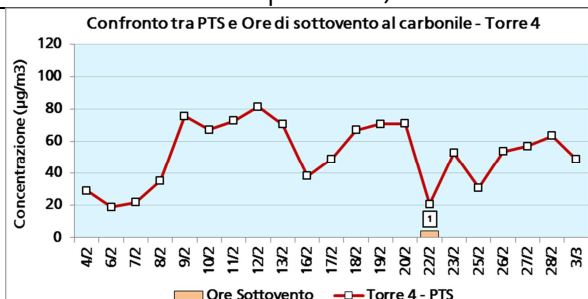


Torre 4 e Torre 7

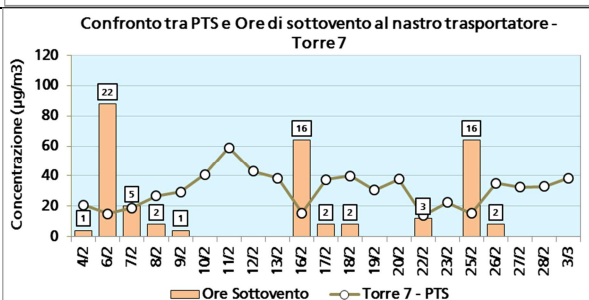
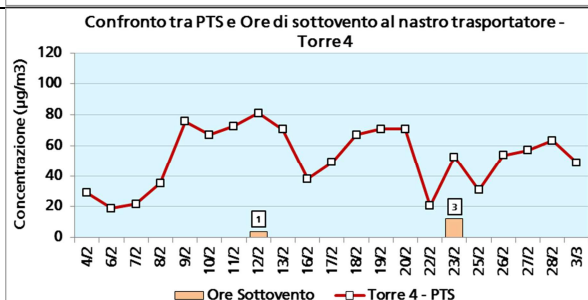
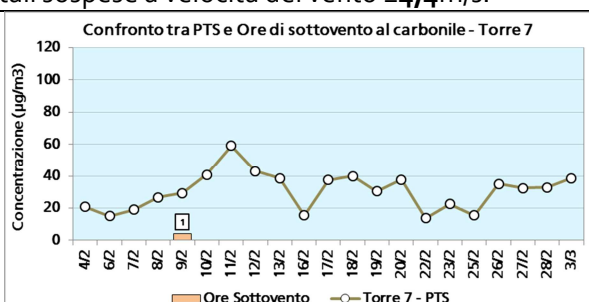
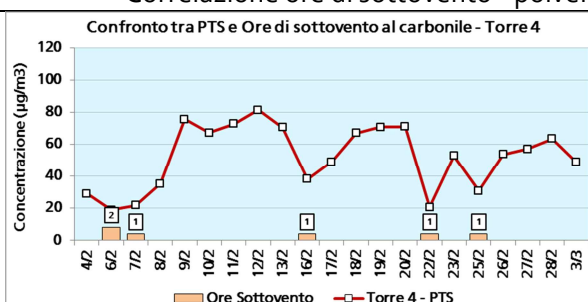
Correlazione ore di sottovento - polveri totali sospese a velocità del vento ≥ 3 m/s:

(Torre 4: 0 ore di sottovento al nastro trasportatore)

(Torre 7: 0 ore di sottovento al carbonile)

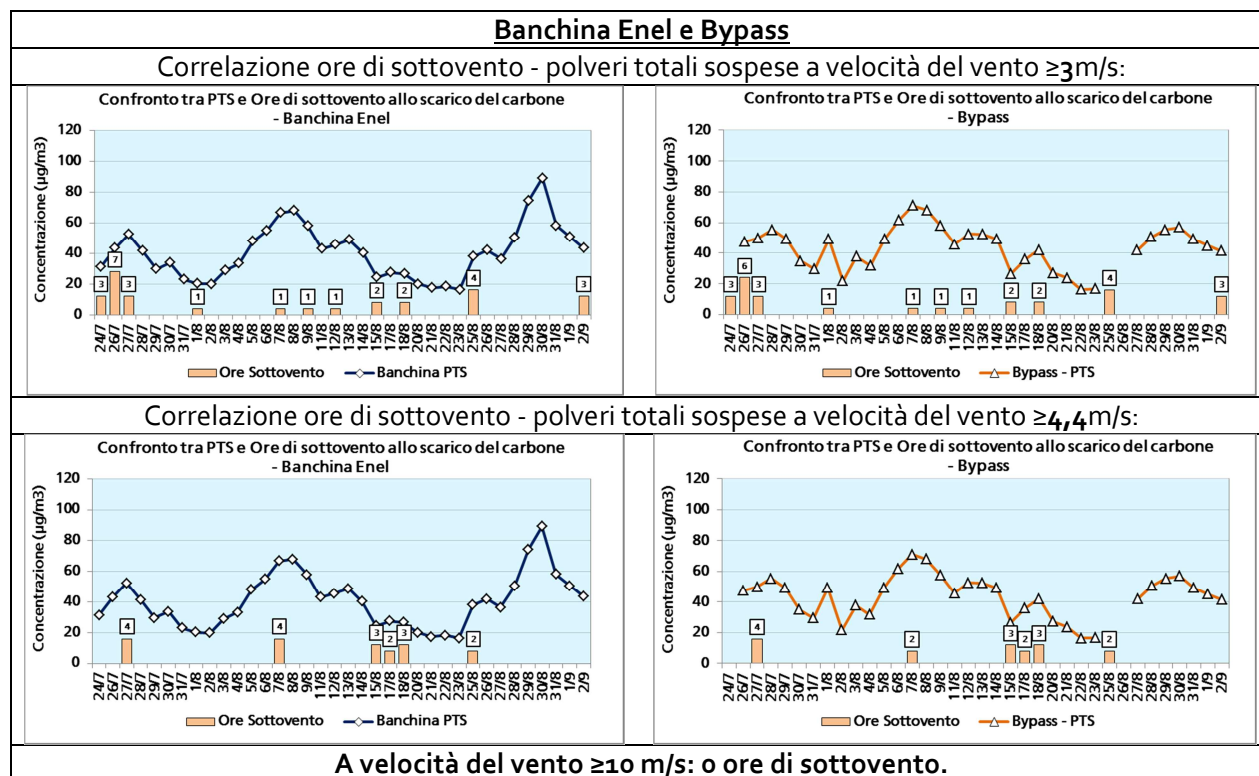


Correlazione ore di sottovento - polveri totali sospese a velocità del vento $\geq 4,4$ m/s:



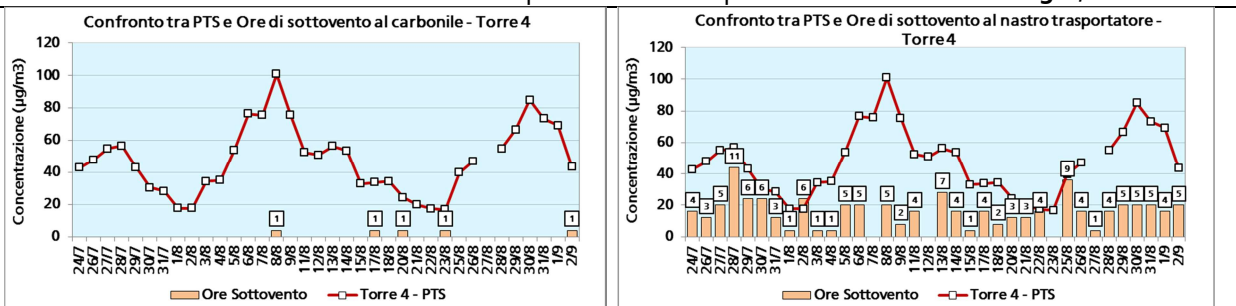
A velocità del vento ≥ 10 m/s: 0 ore di sottovento.

Di seguito sono mostrati i risultati delle correlazioni "Ore di sottovento e concentrazione di PTS" per il periodo 24/07/2015 - 02/09/2015, **Campagna 15/2**.

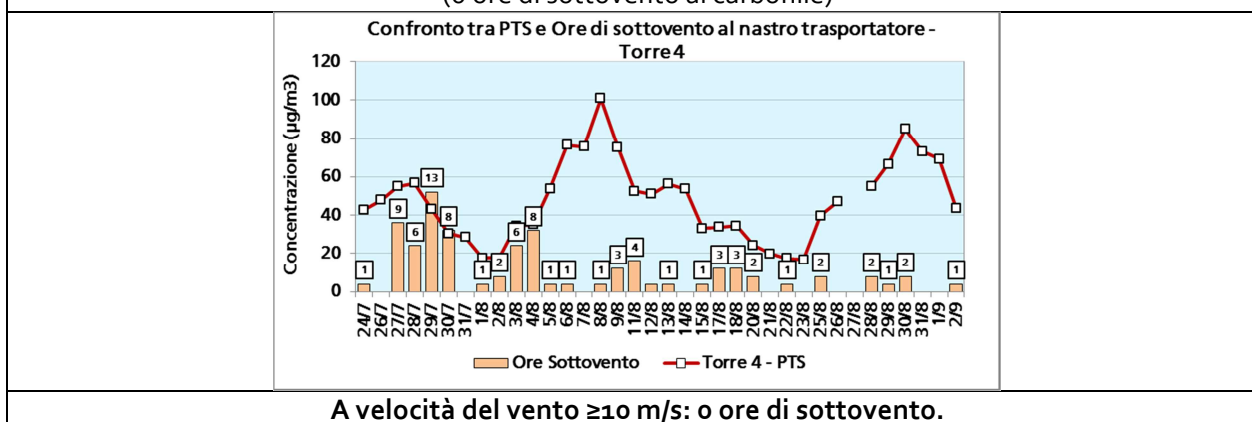


Torre 4

Correlazione ore di sottovento - polveri totali sospese a velocità del vento ≥ 3 m/s:

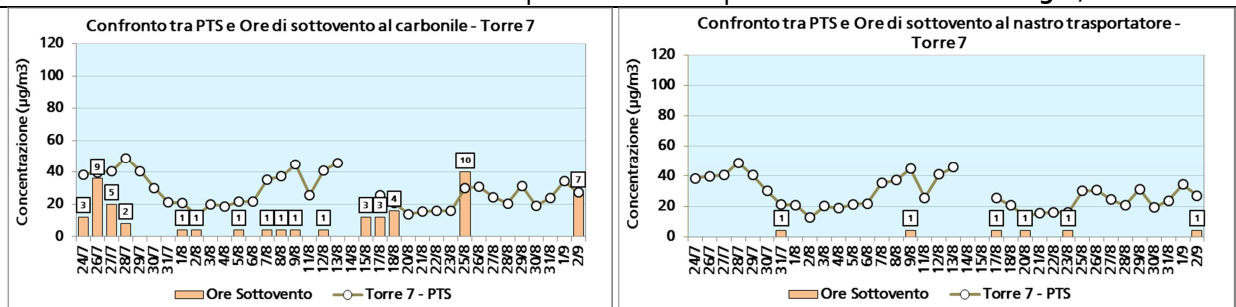


Correlazione ore di sottovento - polveri totali sospese a velocità del vento $\geq 4,4$ m/s:
(o ore di sottovento al carbonile)

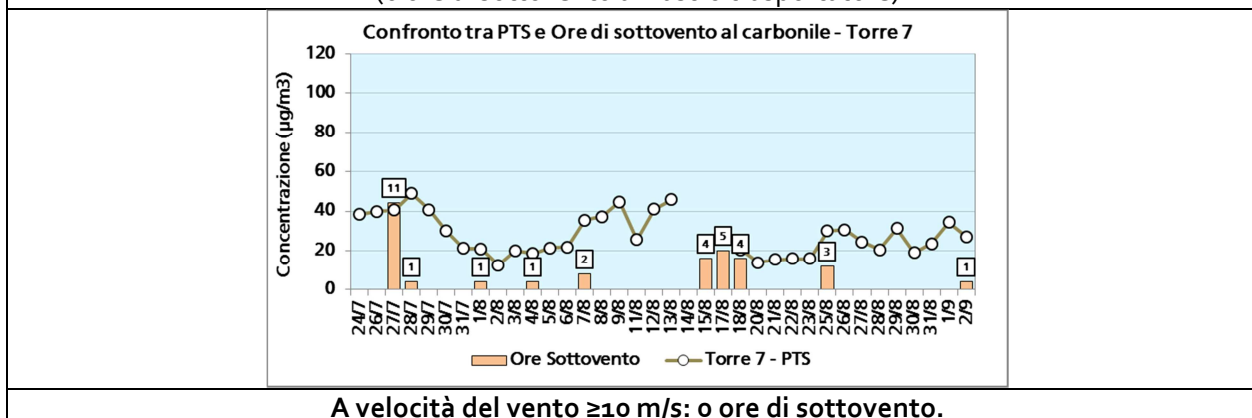


Torre 7

Correlazione ore di sottovento - polveri totali sospese a velocità del vento ≥ 3 m/s:



Correlazione ore di sottovento - polveri totali sospese a velocità del vento $\geq 4,4$ m/s:
(o ore di sottovento al nastro trasportatore)



APPENDICE 6 - VALUTAZIONE DELLA ENTITÀ DEL TRAFFICO IN ZONA FOSSAMAISTRA E DARSENA

Durante il periodo delle campagne sono state installate due strumentazioni per misurare il numero di transiti di veicoli nella zona della Banchina Enel. Nella figura che segue è riportata l'ubicazione degli strumenti che sono stati denominati:

- contatraffico 1: Fossamastra
- contatraffico 2: Darsena

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.

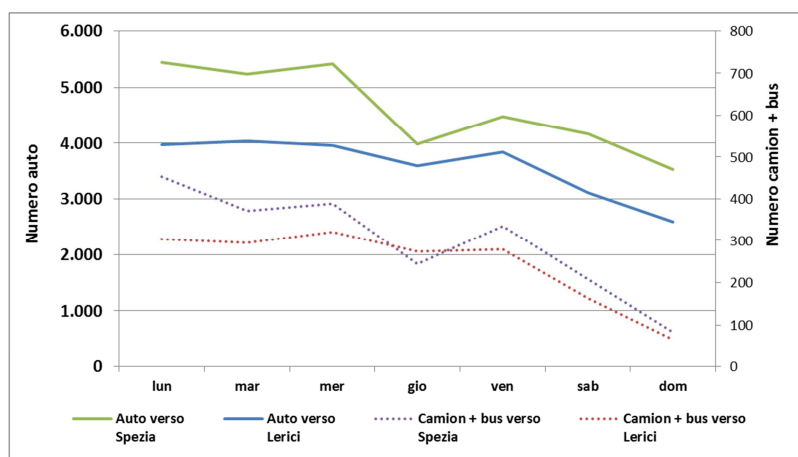


Nelle tabelle e figure che seguono, sono riportati i dati relativi ai transiti medi per giorno della settimana (settimana tipo) a Fossamastra dal 4/2/15 al 4/3/15 (campagna invernale P18 15/1):

Fossamastra - Campagna Invernale P18 15/1 - Media veicoli per giorno settimana								
Giorno	n	Auto verso Lerici	Camion + bus verso Lerici	Auto verso Spezia	Camion + bus verso Spezia	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lun	2	3'970	297	5'445	453	9'415	750	10'165
mar	3	4'034	293	5'243	371	9'277	664	9'942
mer	4	3'959	318	5'425	389	9'384	706	10'090
gio	3	3'593	240	3'982	244	7'575	484	8'059
ven	4	3'846	257	4'484	336	8'330	593	8'922
sab	2	3'113	186	4'164	209	7'277	394	7'671
dom	1	2'591	66	3'530	83	6'121	149	6'270

Caratterizzazione del parco traffico a Fossamastra – settimana tipo dal 4/2/15 al 4/3/15.

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

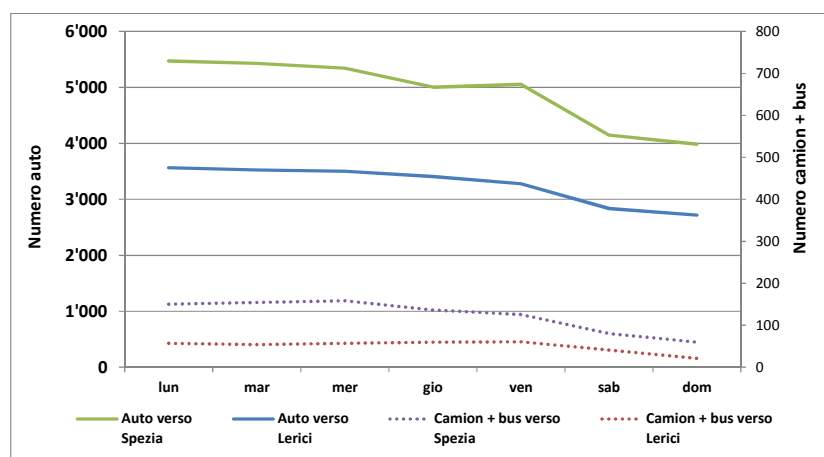


Caratterizzazione del parco traffico a Fossamastra – settimana tipo dal 4/2/15 al 4/3/15.

Nelle tabelle e figure che seguono, sono riportati i dati relativi ai transiti medi per giorno della settimana (settimana tipo) a Fossamastra dal 23/7/15 al 2/9/15 (campagna estiva P18 15/2):

Fossamastra - Campagna Estiva P18 15/2 - Media veicoli per giorno settimana								
Giorno	n	Auto verso Lerici	Camion + bus verso Lerici	Auto verso Spezia	Camion + bus verso Spezia	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lun	4	3'565	67	5'471	151	9'035	217	9'252
mar	5	3'525	69	5'428	154	8'953	223	9'177
mer	5	3'500	71	5'344	159	8'844	230	9'074
gio	6	3'407	64	5'006	137	8'413	201	8'614
ven	6	3'281	64	5'055	126	8'336	190	8'526
sab	5	2'837	40	4'148	81	6'985	121	7'105
dom	5	2'719	23	3'986	60	6'706	83	6'788

Caratterizzazione del parco traffico a Fossamastra – settimana tipo dal 23/7/15 al 2/9/15.



Caratterizzazione del parco traffico a Fossamastra – settimana tipo dal 23/7/15 al 2/9/15.

Per la zona di Fossamastra, l'ordine di grandezza di veicoli totali transitati è stato in media, settimanalmente, di oltre 8'500 mezzi, per lo più autoveicoli, ma con un significativo transito di veicoli classificabili come camion e bus. Tra la campagna invernale e quella estiva il numero di mezzi pesanti nei giorni lavorativi (da lunedì a venerdì) è rimasto compreso tra 8'000 e 10'100, durante la campagna P18 15/1 e tra 8'500 e 9'200 durante la campagna P18 15/2.

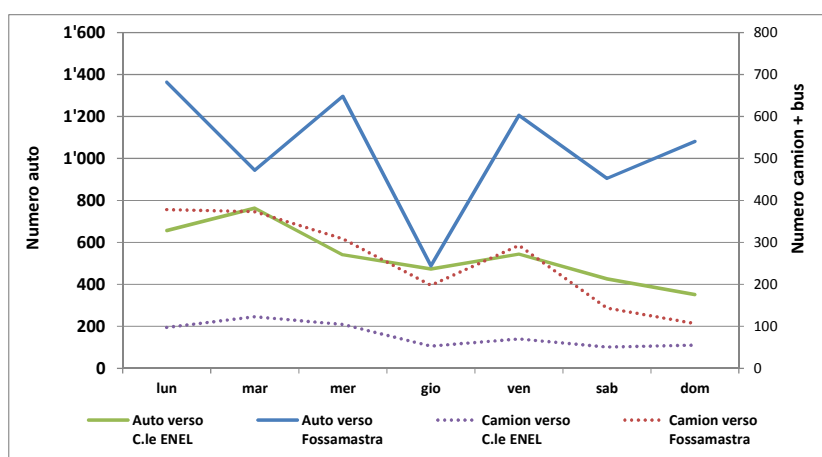
Il traffico pesante dei giorni lavorativi è invece diminuito in estate, rimanendo compreso tra i 480 e 750 veicoli in inverno e tra 190 e 230 in estate. Nei giorni di sabato e domenica il traffico pesante rimane compreso tra 150 e 400 in inverno e tra 80 e 120 in estate.

Nelle tabelle e figure che seguono, sono riportati i dati relativi ai transiti medi per giorno della settimana (settimana tipo) nella zona della **Darsena** dal 4/2/15 al 4/3/15 (campagna invernale P18 15/1):

Darsena - Campagna Invernale P18 15/1 - Media veicoli per giorno settimana								
Giorno	n	Auto verso Fossamastra	Camion verso Fossamastra	Auto verso C.le ENEL	Camion verso C.le ENEL	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lun	3	1'363	353	657	97	2'020	450	2'470
mar	1	944	292	763	123	1'707	415	2'122
mer	3	1'296	306	541	105	1'837	411	2'248
gio	1	489	105	474	53	963	158	1'121
ven	3	1'206	273	544	70	1'750	343	2'093
sab	3	905	166	426	51	1'331	217	1'548
dom	2	1'081	173	352	56	1'433	229	1'662

Caratterizzazione del parco traffico in Darsena — settimana tipo dal 4/2/15 al 4/3/15.

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

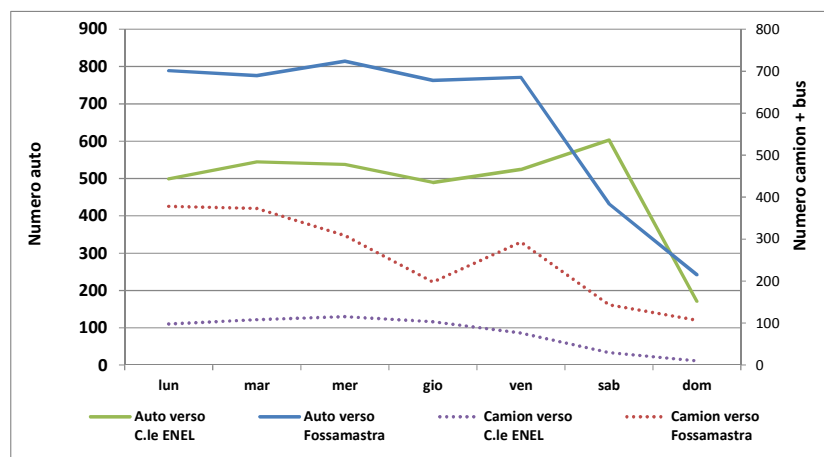


Caratterizzazione del parco traffico in Darsena — settimana tipo dal 4/2/15 al 4/3/15.

Nelle tabelle e figure che seguono, sono riportati i dati relativi ai transiti medi per giorno della settimana (settimana tipo) a Darsena dal 23/7/15 al 2/9/15 (campagna estiva P18 15/2):

Darsena - Campagna Estiva P18 15/2 - Media veicoli per giorno settimana								
Giorno	n	Auto verso Fossamastra	Camion verso Fossamastra	Auto verso C.le ENEL	Camion verso C.le ENEL	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lun	4	789	185	499	98	1'289	283	1'571
mar	6	776	224	544	108	1'320	332	1'652
mer	5	814	227	538	115	1'352	342	1'694
gio	5	763	192	490	103	1'252	295	1'548
ven	5	771	194	524	76	1'295	270	1'565
sab	5	432	83	603	30	1'035	113	1'149
dom	5	242	32	171	10	414	42	456

Caratterizzazione del parco traffico in Darsena – settimana tipo dal 23/7/15 al 2/9/15.



Caratterizzazione del parco traffico in Darsena — settimana tipo dal 23/7/15 al 2/9/15.

Per la zona della Darsena, l'ordine di grandezza di veicoli totali transitanti è stato in media, settimanalmente, di oltre 1'600 mezzi, circa un sesto di quelli transitati a Fossamastra, per lo più autoveicoli. Nei giorni lavorativi, la media giornaliera dei veicoli pesanti (camion e bus) è stata inferiore a quella di Fossamastra in inverno (158 - 450 veicoli/giorno a Darsena e 500 - 750 a Fossamastra). In estate, il traffico pesante è stato maggiore nell'area della Darsena (270 - 340 veicoli/giorno a Darsena e 190 - 230 a Fossamastra), evidenziando quindi la forte pressione del traffico pesante sulla zona prossima a Banchina Enel.

Come rilevato nella postazione di Fossamastra, tra la campagna invernale e quella estiva il numero di mezzi totali è diminuito nei giorni lavorativi (da lunedì a venerdì) rimanendo compreso tra 2'100 e 2'500 veicoli/giorno durante la campagna invernale P18 15/1 e tra 1'600 e 1'700 veicoli/giorno durante la campagna estiva P18 15/2.

Nella giornata del giovedì, e in parte anche per il martedì, si sono avuti due minimi relativi dovuti soprattutto alla minore circolazione di autoveicoli verso Fossamastra, ma non si può escludere che il ristretto campione statistico abbia influito significativamente sulla rappresentatività.

A Darsena in estate, il traffico veicolare del sabato è stato di poco inferiore rispetto ai giorni lavorativi, mentre la domenica vi è stato un netto calo (oltre il 50% dei veicoli in meno rispetto gli altri giorni).

Il traffico pesante dei giorni lavorativi è invece diminuito in estate, scendendo dai 158 - 450 veicoli in inverno ai 270 - 340 in estate.

Tra il 16 Ottobre 2013 e il 11 febbraio 2015, un tratto di Via Valdilocchi compreso tra la rotatoria Metro e l'ingresso in autostrada, in direzione monte-mare, è stato istituito un senso unico per la presenza di un cantiere. Tale modifica viabilistica potrebbe aver influenzato l'andamento delle deposizioni delle polveri derivanti dal traffico veicolare, durante le campagne estive del 2014 (Via Valdilocchi chiusa) e quelle invernali ed estive del 2015 (Via Valdilocchi aperta). Avendo a disposizione una buona percentuale di dati per il periodo chiusura/apertura di Via Valdilocchi, nel seguito sono state valutate le differenze intercorse tra il 2014 e il 2015.

Relativamente alla postazione di Fossamastra sono stati considerati i periodi dal 15/05/14 al 11/02/15 (Via Valdilocchi chiusa) e dal 12/02/15 al 02/09/15 (Via Valdilocchi aperta), nei giorni in cui il contatraffico ha funzionato per più di 21 ore. Di seguito è mostrato il dettaglio dei veicoli transitati.

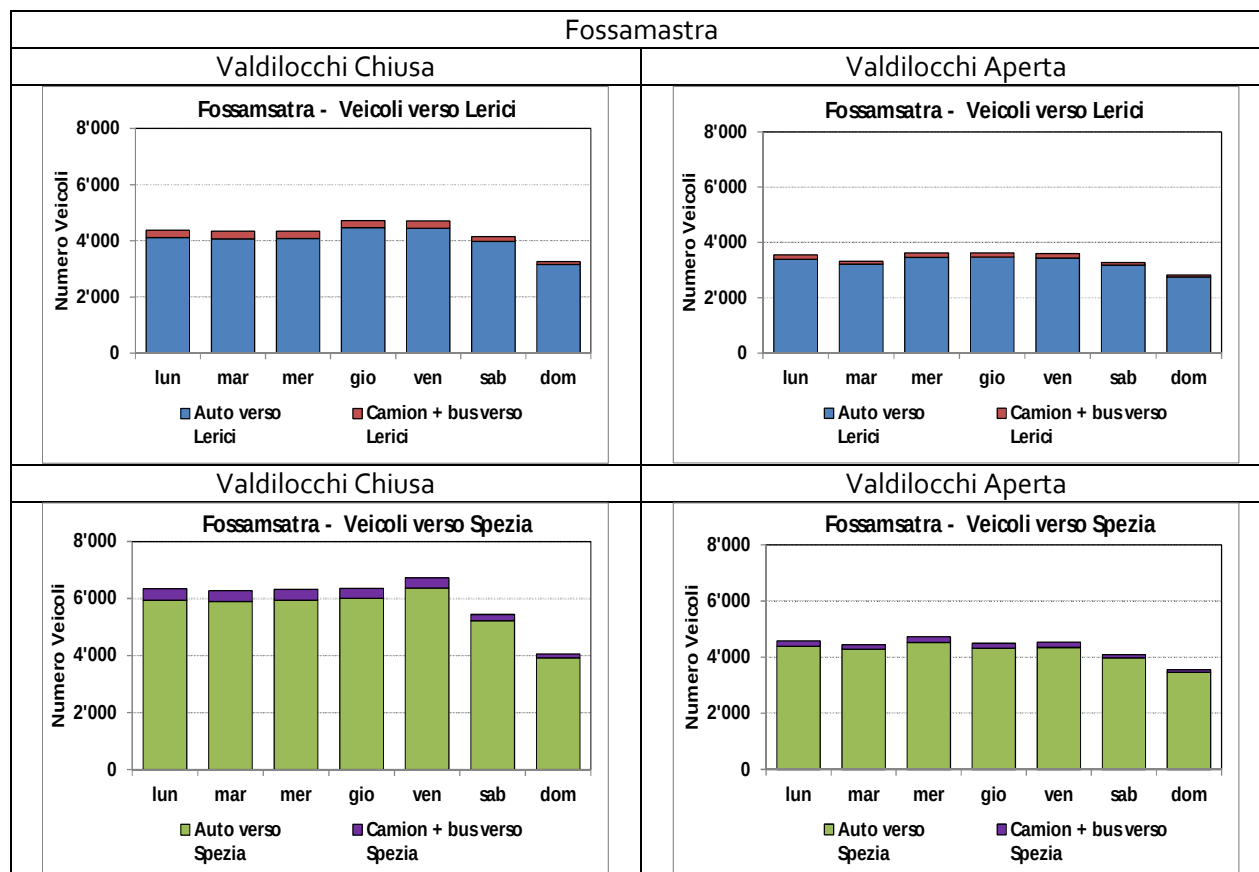
Fossamastra - Via Valdilocchi chiusa - Media veicoli per giorno settimana								
Giorno	n	Auto verso Lerici	Camion + bus verso Lerici	Auto verso Spezia	Camion + bus verso Spezia	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lun	19	4'114	262	5'945	394	10'059	656	10'715
mar	18	4'073	265	5'894	384	9'967	650	10'616
mer	18	4'080	265	5'941	374	10'021	638	10'660
gio	18	4'473	251	6'008	349	10'481	601	11'081
ven	21	4'451	258	6'365	362	10'817	620	11'437
sab	18	3'984	169	5'226	219	9'211	387	9'598
dom	19	3'159	103	3'919	129	7'078	232	7'309

Fossamastra - dal 15/05/14 al 11/02/15 (Via Valdilocchi chiusa).

Fossamastra - Via Valdilocchi aperta - Media veicoli per giorno settimana								
Giorno	n	Auto verso Lerici	Camion + bus verso Lerici	Auto verso Spezia	Camion + bus verso Spezia	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lun	14	3'392	155	4'389	188	7'781	344	8'125
mar	14	3'210	111	4'284	154	7'494	264	7'758
mer	15	3'453	172	4'525	206	7'978	379	8'357
gio	18	3'474	148	4'319	175	7'793	323	8'116
ven	18	3'443	152	4'344	187	7'787	340	8'127
sab	14	3'177	91	3'969	119	7'147	210	7'357
dom	13	2'753	62	3'467	84	6'220	146	6'366

Fossamastra - dal 12/02/15 al 02/09/15 (Via Valdilocchi aperta).

Nei periodi considerati si è avuto un numero di giorni confrontabile: 131 giorni con Via Valdilocchi chiusa e 106 giorni con Via Valdilocchi aperta. Il numero di giorni della settimana, inoltre, risulta uniforme nel campione statistico esaminato. I dati delle tabelle precedenti sono riportati nei grafici seguenti per un confronto visivo più immediato. Sono state valutate le due diverse direzioni di transito veicolare: direzione verso Lerici e verso Spezia.



Dai grafici precedenti si nota che nel periodo di chiusura di Via Valdilocchi, a Fossamastra si è avuto un numero più elevato di veicoli transitanti verso Lerici. Durante il periodo di chiusura di Via Valdilocchi infatti, in media, nei giorni feriali e al sabato si sono avuti circa 1000 autoveicoli e 110 mezzi pesanti in più rispetto al periodo di apertura.

La diminuzione del traffico nel periodo di apertura, è più marcata se si considera la numerosità dei veicoli transitati verso Spezia: nei giorni feriali e durante il sabato si sono avuti più di 1500 autoveicoli e circa 180 mezzi pesanti in meno rispetto al periodo di chiusura. In entrambe le direzioni, anche di domenica si nota una diminuzione del traffico, ma meno sostanziale.

Relativamente alla postazione di Darsena sono stati considerati i periodi dal 02/07/14 al 11/02/15 (Via Valdilocchi chiusa) e dal 12/02/15 al 31/12/15 (Via Valdilocchi aperta), nei giorni in cui il contatraffico ha funzionato per più di 21 ore. Di seguito è mostrato il dettaglio dei veicoli transitati.

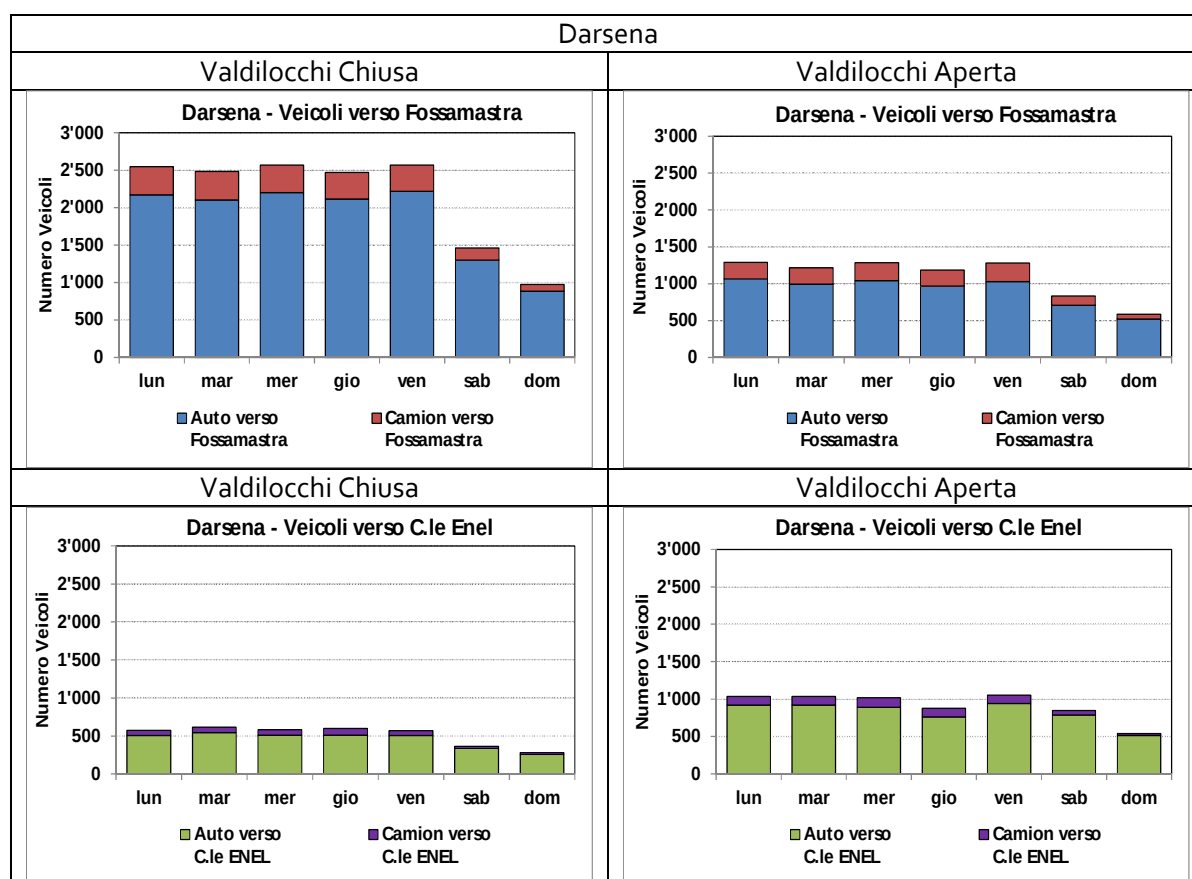
Darsena - Via Valdilocchi chiusa - Media veicoli per giorno settimana								
Giorno	n	Auto verso Fossamastra	Camion verso Fossamastra	Auto verso C.le ENEL	Camion verso C.le ENEL	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lun	16	2'172	377	508	68	2'680	445	3'125
mar	13	2'105	378	542	73	2'647	451	3'098
mer	13	2'201	367	511	73	2'712	440	3'152
gio	14	2'117	353	510	89	2'627	441	3'068
ven	16	2'221	347	506	63	2'727	410	3'138
sab	14	1'299	163	334	30	1'633	193	1'825
dom	14	885	92	257	23	1'142	115	1'257

Darsena - dal 02/07/14 al 11/02/15 (Via Valdilocchi chiusa).

Darsena - Via Valdilocchi aperta - Media veicoli per giorno settimana								
Giorno	n	Auto verso Fossamastra	Camion verso Fossamastra	Auto verso C.le ENEL	Camion verso C.le ENEL	Auto totali	Camion + bus totali	Veicoli totali
lun	15	1'066	223	921	115	1'988	338	2'325
mar	14	994	221	920	114	1'914	335	2'249
mer	16	1'040	242	888	132	1'928	374	2'302
gio	15	969	217	760	118	1'729	336	2'065
ven	16	1'029	252	941	109	1'970	361	2'331
sab	16	707	128	790	57	1'497	184	1'681
dom	14	523	64	515	25	1'039	89	1'127

Darsena - dal 12/02/15 al 31/12/15 (Via Valdilocchi aperta).

Nei periodi considerati si è avuto un numero di giorni confrontabile: 100 giorni con Via Valdilocchi chiusa e 106 giorni con Via Valdilocchi aperta. La distribuzione dei dati nei diversi giorni della settimana, inoltre, risulta uniforme. I dati delle tabelle precedenti sono riportati nei grafici seguenti per un confronto più immediato.



Dai grafici precedenti si nota che nel periodo di chiusura di Via Valdilocchi, il contatraffico situato a Darsena ha misurato un numero molto maggiore di veicoli transitanti verso Fossamastra. In tale periodo, in media, nei giorni feriali si è avuto circa il doppio degli autoveicoli transitati e circa il 40% di mezzi pesanti in più rispetto al periodo di riapertura. Meno significativa risulta la differenza del traffico verso Fossamastra durante i giorni festivi. In controtendenza con quanto osservato sinora, si evidenzia che gli autoveicoli e i mezzi pesanti transitati verso la Centrale Enel sono incrementati con la riapertura di Via Valdilocchi, avvenuta l' 11/02/15: nei giorni feriali e durante il sabato si sono avuti circa il 50% di autoveicoli e il 40% di mezzi pesanti in più rispetto al periodo di chiusura. Un incremento analogo si è misurato anche durante la domenica.



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure

ALLEGATO 1

DESCRIZIONE DELLE POSTAZIONI

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia

PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - C.F. e P.IVA 01305930107

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.

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	FOSSAMAISTRA BYPASS - FS
Tipologia	industriale urbana
Coordinate-quota	44° 6'18.11"N - 9°51'26.07"E - 6 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 a circa 4 m di altezza sul tetto di un fabbricato in cemento 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, anche di mezzi pesanti.

A N a circa 10 m è presente un edificio di circa 10 m di altezza 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

Si segnala a circa 25 m N la postazione RQA di Fossamastra.



	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	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

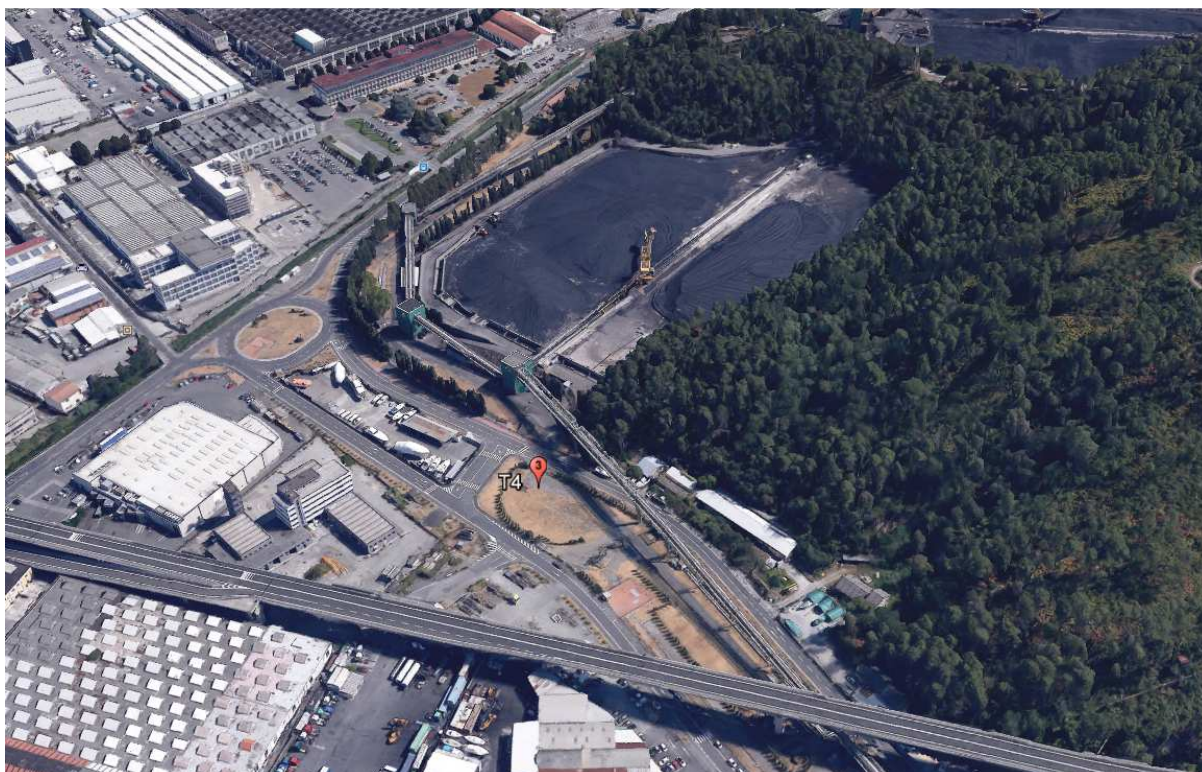


Note caratteristiche del sito

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

Tipologia

Coordinate-quota

Parametri monitorati ()**

TORRE T7 – T7

industriale urbana

44° 6'35.19"N - 9°52'10.45"E - 5 m slm

**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.

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.



Deposimetro in-organici ()**

Campionatore PTS ()**

Temperatura aria

Velocità e direzione vento

marca	modello	S/N	note
Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
TECORA			
LASTEM	-	-	
LASTEM	-	-	rilevato a 4 m

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

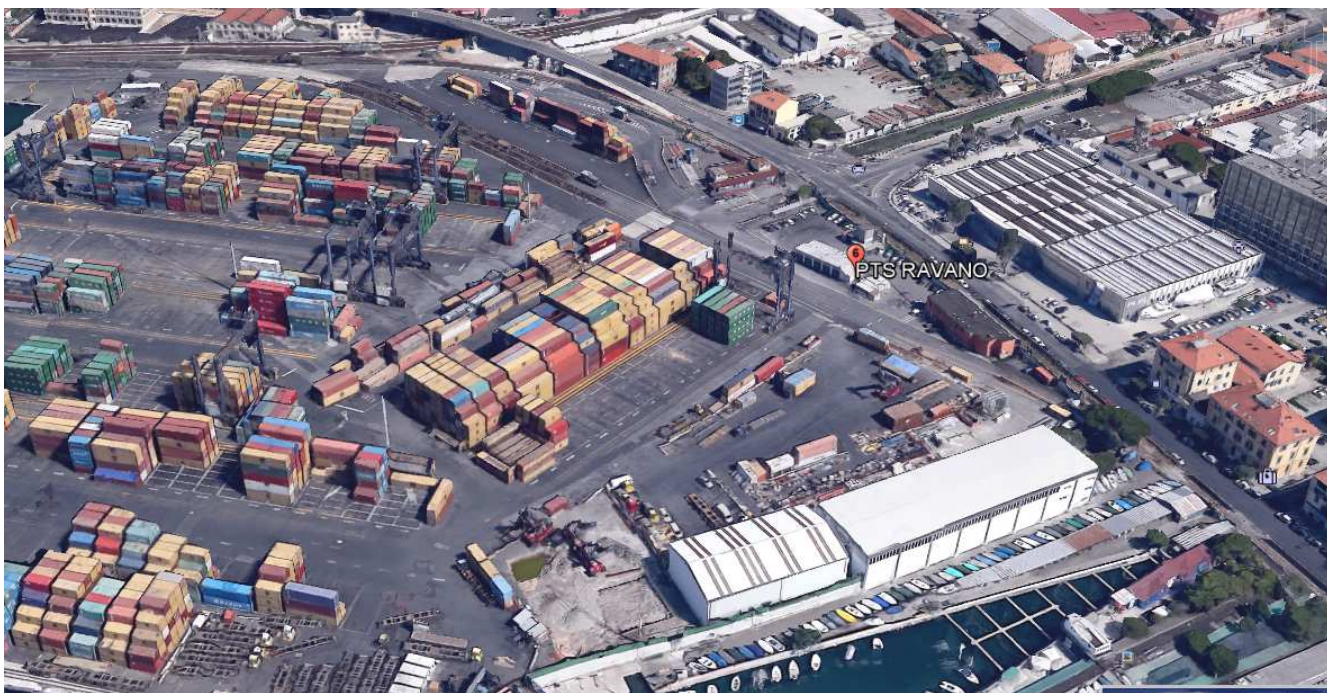
Postazione	RAVANO – RA
Tipologia	industriale urbana
Coordinate-quota	44° 6'30.29"N - 9°51'19.79"E - 5 m slm
Parametri monitorati (**)	metalli – PTS



Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è posto all'interno del terminal LSCT, area Ravano, sul tetto di un fabbricato, a circa 4 m di altezza dal suolo.

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 spesso si ha 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 importanti code soprattutto nelle ore di punta.



	marca	modello	S/N	note
Campionatore PTS (**)	TECORA			

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

Postazione

Tipologia

Coordinate-quota

Parametri monitorati ()**

DIFFUSORE ENEL – DF

industriale urbana

44° 6'25.31"N - 9°51'17.43"E - 2 m slm

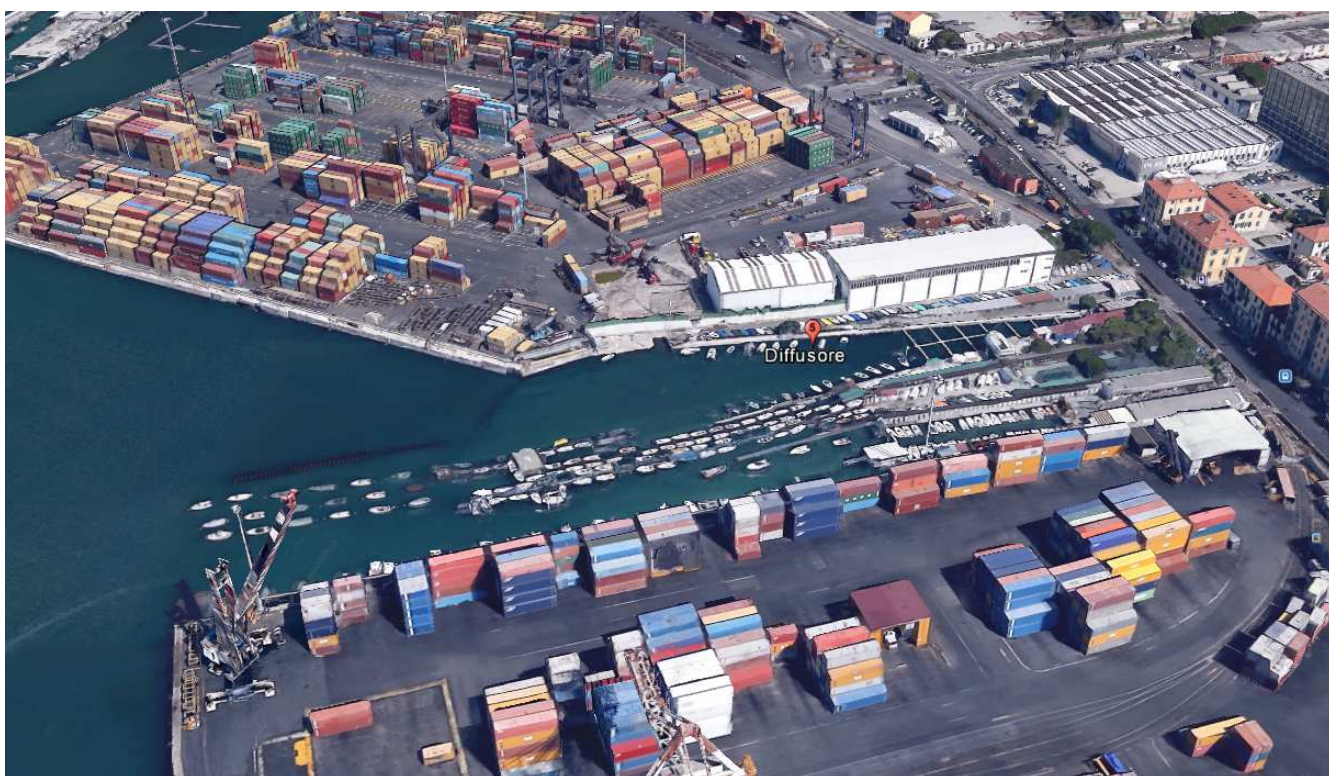
metalli – EC/OC – Presenza Carbone con SEM



Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è posto in prossimità del canale di uscita delle acque di raffreddamento della Centrale in una zona caratterizzata dalla presenza di vari rimessaggi di imbarcazioni da diporto; in direzione N e S si segnalano due terminal con significativa movimentazione di container e relative banchine di attracco navi mercantili, mentre a E si sviluppa Viale San Bartolomeo, arteria caratterizzata da intenso traffico veicolare, anche di mezzi pesanti.

Infine si evidenzia in direzione N, nelle immediate vicinanze, la presenza di un capannone alto circa 10 m che parzialmente scherma il sito dalle attività del terminal posto al di là di esso.



Deposimetro in-organici ()**

marca	modello	S/N	note
Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure

ALLEGATO 2

VALIDAZIONE DEI DATI DI METALLI NEI DEPOSIMETRI

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia

PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - C.F. e P.IVA 01305930107



Centrale Termoelettrica E. Montale della Spezia

AIA D.M. 244 del 06/09/2013

Prescrizione n.18

**Campagne di monitoraggio 2015
deposizioni atmosferiche**

Validazione risultati metalli

Indice

1	PREMESSA.....	3
2	ATTIVITÀ DI ATTUAZIONE DELLA PRESCRIZIONE N.18.....	4
3	CONFRONTO E VALIDAZIONE	6
4	ANALISI RAGIONATA E CONCLUSIONI.....	8

Scopo della presente relazione è quello di descrivere le attività effettuate dal Dipartimento Provinciale ARPAL della Spezia ai fini della validazione delle campagne di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche effettuate dal gestore in ottemperanza della 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 riporta per intero il testo della prescrizione n.18, riportato a pag. 88 del PIC dell'AIA: *"(...) 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.*

Per l'esecuzione dei monitoraggi previsti dalla prescrizione n.18 dell'AIA, il Gestore ha incaricato CESI che nel 2014 aveva già eseguito per conto di ENEL il medesimo monitoraggio, con validazione dei risultati da parte di ARPAL.

Le stazioni di monitoraggio e le modalità di campionamento e analisi sono state quelle già utilizzate nel corso del 2014.

2 Attività di attuazione della prescrizione n.18

Al fine di attuare la prescrizione n.18 del PIC dell'AIA, come riportato nel paragrafo precedente, sono state individuate n.5 stazioni deposimetriche, indicate nella successiva tabella e nella figura sottostante.

Postazione	Significatività per le deposizioni	Tipi di deposimetri	Strumentazione meteo ¹	Strumentazione qualità aria
Banchina ENEL	Scarico del carbone da navi	bulk per inorganici	-	PTS Skypost (ARPAL)-
Bypass	Scarico del carbone da navi e emissioni diffuse movimentazione carbone	bulk per inorganici	-	PTS Skypost (CESI)
Torre 4	Trasporto del carbone dalla banchina al carbonile e emissioni di polveri dal carbonile	bulk per inorganici	-	PTS Skypost (CESI)
Torre 7	Trasporto del carbone dalla banchina al carbonile e emissioni di polveri dal carbonile	bulk per inorganici	VV e DV	PTS Skypost (CESI)
Diffusore	Emissioni diffuse da attività portuali, di diportistica e da traffico pesante	bulk per inorganici	-	-



Nel 2015 sono state condotte le due campagne previste dal protocollo: una invernale (dai primi di febbraio ai primi di marzo) ed una estiva (da fine luglio ai primi di settembre), entrambe con movimentazione di carbone e con la centrale in funzione. In particolare:

- la prima campagna 2015, indicata come “P18 15/1” è stata eseguita dal

04/02/2015 al 04/03/2015, con la centrale operativa e con scarico da parte di navi carboniere;

- La seconda campagna 2015, indicata nel seguito come “P18 15/2”: dal 23/07/2015 al 02/09/2015, con la centrale operativa e con scarico da parte di navi carboniere.

Per quanto riguarda le determinazioni dei metalli, conformemente alla suddivisione delle attività di preparativa (vedi par.2.4.1. della Relazione), le analisi del materiale solido filtrato è stata eseguita da:

- o CESI sui campioni della campagna P18 15/1 mentre ARPAL ha effettuato la validazione dei risultati;
- o Sia da ARPAL che da CESI per i campioni della campagna P18 15/2.

Per quanto riguarda la prima campagna “P18 15/1” in analogia con quanto già effettuato lo scorso anno ARPAL ha eseguito in replicato le analisi dei metalli su 2 (BY e T4) dei 5 campioni di deposizioni atmosferiche preparate e analizzate da CESI (pari al 40% del totale dei campioni analizzati). Le determinazioni hanno riguardato i seguenti metalli: As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Tl, V, Hg.

Per quanto riguarda la seconda campagna “P18 15/2” ARPAL ha preparato ed eseguito le analisi dei 5 campioni di deposizioni atmosferiche, a sua volta eseguite da CESI. Anche in questo secondo caso le determinazioni hanno riguardato i metalli: As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Tl, V, Hg.

In seguito all’emissione dei Rapporti di Prova a cura del Laboratorio CESI e del Laboratorio ARPAL, si è proceduto ad effettuare il confronto tra i risultati dei metalli ottenuti negli stessi campioni.

Il confronto è stato effettuato, analogamente a come è stato fatto per il monitoraggio eseguito nel 2014, con il calcolo della percentuale di discordanza.

Per il calcolo della “percentuale di discordanza” tra i due laboratori è stata usata la seguente definizione (che offre il vantaggio di essere simmetrica, a meno del segno, nell’inversione dei due laboratori):

$$\Delta C = \frac{C_{CESI} - C_{ARPAL}}{\frac{1}{2}(C_{CESI} + C_{ARPAL})}$$

I valori delle percentuali di discordanza, risultanti dall’applicazione della Procedura ARPAL a ciascuna coppia dei risultati analitici, sono riportati in **All.1** per quanto riguarda “P18 15/1” e in **All.2** per quanto riguarda “P18 15/2”.

Usando il criterio del protocollo ARPAL (approvato dall’ISS in data 05/11/03), che prevede per i metalli un intervallo di accettabilità del 50%, la percentuale dei campioni da ritenersi complessivamente conforme, considerando sia “P18 15/1” che “P18 15/2” è riportata nella successiva Tabella:

Parametro	N° campioni conformi	N°campioni NON conformi	N° campioni Totali	% di conformità
Cadmio	6	1	7	86%
Cromo Totale	7	0	7	100%
Piombo	7	0	7	100%
Rame	7	0	7	100%
Arsenico	7	0	7	100%
Vanadio	7	0	7	100%
Manganese	7	0	7	100%
Tallio	7	0	7	100%
Nichel	7	0	7	100%
TOTALE	62	1	63	98%

L'indice di validazione conclusivo è risultato pari a 98% e quindi molto soddisfacente.

3 Conclusioni

Come risulta dalla tabella sopra riportata, l'applicazione della procedura di cui al paragrafo precedente al confronto tra i risultati di CESI e di ARPAL ha dato esito favorevole riscontrando una sola non conformità, relativa al Cadmio nel campione riferito alla postazione Bypass della campagna invernale.

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.

In conclusione: la performance inter-laboratoristica è risultata molto soddisfacente e quindi, ai fini dell'esecuzione della prescrizione n.18 del PIC dell'AIA, sono da considerarsi valide le determinazioni analitiche CESI sui metalli nei campioni di deposizioni atmosferiche.

Allegato 1 Confronto dei risultati analitici dei metalli e valori delle Percentuali di discordanza nella Campagna invernale

Metallo	U.M.	I.q.		BY			T4		
		ARPAL	CESI	ARPAL	ΔC%	CESI	ARPAL	ΔC%	CESI
As	μg/l	1	0,2	4,0	-21%	3,2	4,0	-20%	3,3
Cd	μg/l	0,5	0,1	0,8	-78%	0,4	< 0,5	OK	0,2
Cr	μg/l	1	2	221,0	-32%	160,3	135,0	-27%	102,4
Cu	μg/l	1	0,5	199,0	-31%	145,2	102,0	-30%	75,2
Mn	μg/l	1	1	567,0	-40%	379,2	162,0	-33%	116,5
Ni	μg/l	1	0,3	96,0	-12%	84,9	37,0	-17%	31,4
Pb	μg/l	1	0,2	193,0	-44%	123,7	59,0	-39%	39,6
Tl	μg/l	1	0,1	< 1,0	OK	0,3	< 1,0	OK	0,3
V	μg/l	1	0,2	82,0	-31%	59,9	51,0	-24%	39,9

Allegato 2 Confronto dei risultati analitici dei metalli e valori delle Percentuali di discordanza nella Campagna estiva.

Metallo	U.M.	I.q.		BE			BY		
		ARPAL	CESI	ARPAL	ΔC%	CESI	ARPAL	ΔC%	CESI
As	μg/l	1	0,2	1,5	-44%	1,0	3,0	-9%	2,7
Cd	μg/l	0,5	0,1	0,6	-14%	0,5	0,7	-45%	0,5
Cr	μg/l	1	2	26,2	-13%	22,9	77,2	4%	80,5
Cu	μg/l	1	0,5	36,3	-8%	33,3	228,5	-7%	212,0
Mn	μg/l	1	1	31,8	27%	41,7	202,9	27%	267,1
Ni	μg/l	1	0,3	11,5	-33%	8,2	53,3	-33%	38,2
Pb	μg/l	1	0,2	18,4	-5%	17,5	245,8	-35%	173,2
Tl	μg/l	1	0,1	< 1,0	OK	0,1	< 1,0	OK	0,3
V	μg/l	1	0,2	6,7	1%	6,7	38,5	-18%	32,2

Metallo	U.M.	I.q.		T4			T7			DF		
		ARPAL	CESI	ARPAL	DC%	CESI	ARPAL	DC%	CESI	ARPAL	DC%	CESI
As	ug/l	1	0,2	3,4	-12%	3,0	3,68	-20%	3,0	1,7	-29%	1,3
Cd	ug/l	0,5	0,1	< 0,5	OK	0,2	< 0,5	OK	0,2	0,5	-27%	0,4
Cr	ug/l	1	2	71,7	-10%	64,8	65,86	-47%	41,0	74,8	-24%	58,9
Cu	ug/l	1	0,5	111,5	-7%	104,3	46,78	-15%	40,4	98,9	-16%	83,9
Mn	ug/l	1	1	107,5	31%	147,5	59,52	30%	80,4	67,6	25%	86,6
Ni	ug/l	1	0,3	27,7	-17%	23,4	16,1	-1%	15,9	20,6	-7%	19,1
Pb	ug/l	1	0,2	59,4	-35%	41,6	46,94	-29%	35,1	84,6	-15%	73,0
Tl	ug/l	1	0,1	< 1,0	OK	0,2	< 1	OK	0,2	< 1,0	OK	0,2
V	ug/l	1	0,2	36,0	-15%	31,0	31,54	-17%	26,7	21,7	-4%	20,9



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure

ALLEGATO 3

VALIDAZIONE DEI DATI DI PTS

Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia

PEC: arpal@pec.arpal.gov.it - C.F. e P.IVA 01305930107

**Centrale Termoelettrica
E. Montale della Spezia**

AIA D.M. 244 del 06/09/2013

Prescrizione n.18

Validazione Risultati

Campagne di monitoraggio PTS

Indice

1	PREMESSA.....	3
2	ATTIVITÀ DI ATTUAZIONE DEL MONITORAGGIO DELLE PTS.....	4
3	CONFRONTO E VALIDAZIONE	5
4	ANALISI E CONCLUSIONI	6

In analogia a quanto già realizzato nel corso del 2014 per l'esecuzione della prescrizione n.18 del PIC dell'AIA gli enti locali e ARPAL hanno ritenuto opportuno integrare il monitoraggio deposi metrico previsto dalla prescrizione n.18, con la determinazione anche delle polveri totali sospese (PTS) in quanto, visivamente, le più rappresentative della polverosità.

Per l'esecuzione di questo monitoraggio il gestore ha incaricato il laboratorio CESI, che, per conto di ENEL, ha già eseguito nel 2014 il primo monitoraggio deposimetrico e la determinazione delle PTS, con validazione di ARPAL.

Per lo svolgimento della campagna annuale del 2015 è stato utilizzato lo stesso protocollo di attuazione stabilito nel corso del 2014 da parte degli enti interessati (ARPAL, Comune di Arcola, Comune della Spezia, Amministrazione Provinciale della Spezia) e condiviso con il gestore - ENEL produzione e CESI.

Nel protocollo sono individuate le postazioni di controllo, le metodiche di campionamento e di analisi e i criteri di validazione dei risultati del gestore da parte di ARPAL, stabilendo a tale fine che le determinazioni delle PTS siano alternativamente effettuate da CESI e da ARPAL, quest'ultima sul 10-20% del totale dei campioni, per la validazione di tutta la campagna 2015.

2 Attività di attuazione del monitoraggio delle PTS

Al fine di attuare il monitoraggio delle PTS, sono state individuate le seguenti 5 postazioni.

Postazione	Significatività per le deposizioni	Strumentazione qualità aria
Banchina ENEL	Scarico del carbone da navi	PTS Skypost (ARPAL)-
Bypass	Scarico del carbone da navi e emissioni diffuse movimentazione carbone	PTS Skypost (CESI)
Torre 4	Trasporto del carbone dalla banchina al carbonile e emissioni di polveri dal carbonile	PTS Skypost (CESI)
Torre 7	Trasporto del carbone dalla banchina al carbonile e emissioni di polveri dal carbonile	PTS Skypost (CESI)
Ravano	Emissioni diffuse da attività portuali, di diportistica e da traffico pesante	-

Tabella 1 - Postazioni di misura della prescrizione 18

Come previsto dal protocollo sono state eseguite una campagna invernale ed una campagna estiva: in particolare:

- nella prima campagna, il campionamento delle PTS è stato effettuato dal 04/02/2015 al 04/03/2015 (n.30 rilevazioni per postazione) e ARPAL ha eseguito le determinazioni analitiche dal 20/02 al 23/02 (n.4 rilevazioni);
- nella seconda campagna il campionamento delle PTS è stato effettuato dal 23/07/2015 al 02/09/2015 (n.33 rilevazioni per postazione) e ARPAL ha eseguito le determinazioni analitiche dal 12/08 al 17/08 (n.6 rilevazioni per postazione).

Entrambe le campagne sono state eseguite a centrale operativa e in presenza di scarico del carbone.

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 Kolmogorv – Smirnov, per verificare che i valori di CESI e di ARPAL provengano da una stessa popolazione.

Questo test può essere usato già per dimensioni del campione N uguali a 5.

Si valutano l'ipotesi H0 (nulla) "*Le due serie di dati appartengono alla stessa popolazione*" e l'ipotesi H1 "*Le serie di dati hanno caratteristiche diverse*".

In particolare, se si vogliono confrontare tra loro due campioni indipendenti per verificarne la compatibilità, il test di Kolmogorv-Smirnov prevede di ricavare dai dati il massimo scarto in valore assoluto tra le due frequenze cumulative relative (δ *calcolato*) e ricavare la probabilità (p *Value*) che questo possa essere avvenuto (ammessa vera l'ipotesi) per motivi puramente casuali.

Si determina quindi il valore di δ *teorico*, che dipende dalla numerosità dei campioni, e lo si confronta con il valore δ *calcolato*, che, come sopra riportato, dipende dai dati dei due campioni analizzati.

Quando p *Value* è maggiore di 5% e δ *calcolato* < δ *teorico*, si accetta l'ipotesi nulla, ovvero i due campioni sono compatibili e appartengono ad una stessa popolazione con medesima distribuzione.

4 Analisi e conclusioni

Di seguito è riportato il confronto tra i set di dati delle singole campagne di monitoraggio:

	Postazione	δ calcolato	p Value	δ teorico	Le due popolazioni sono uguali?
Campagna 1	Banchina	0,625	17%	0,856	SI
	Bypass	0,289	89%	0,748	SI
	Torre 4	0,250	96%	0,734	SI
	Torre 7	0,390	55%	0,732	SI
	Ravano	0,300	91	0,805	SI
Campagna 2	Banchina	0,286	72%	0,601	SI
	Bypass	0,226	93%	0,607	SI
	Torre 4	0,273	78%	0,604	SI
	Torre 7	0,443	37%	0,718	SI
	Ravano	0,444	55%	0,848	SI

Il test di Kolmogorv – Smirnov eseguito sui risultati delle singole campagne fornisce risultati positivi per tutte le postazioni.

Di seguito si riporta l'esito del confronto tra i set di dati dell'intero periodo di monitoraggio:

	Postazione	δ calcolato	p Value	δ teorico	Le due popolazioni sono uguali?
Tutte le campagne	Banchina	0,216	82%	0,492	SI
	Bypass	0,200	85%	0,471	SI
	Torre 4	0,216	77%	0,466	SI
	Torre 7	0,167	98%	0,512	SI
	Ravano	0,286	67%	0,575	SI

Il test di Kolmogorv – Smirnov eseguito sui set di dati relativi all'intero periodo di monitoraggio fornisce un esito positivo: le popolazioni di dati sono uguali e confrontabili.

Pertanto si ritengono validati i dati di PTS rilevati da CESI.