

Preg.mi

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

OGGETTO: Soc. ENEL Produzione S.p.A. – CTE della Spezia – Report campagne 2020 delle deposizioni atmosferiche.

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

Si trasmette in allegato il “**Report monitoraggio Prescrizione 34 (ex 18) - anno 2020**” effettuato in collaborazione con CESI, prescritto nel DM n. 351 del 06/12/2019 relativo all’A.I.A.Soc. ENEL Produzione S.p.A.

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

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

D.ssa Fabrizia Colonna

Responsabile del procedimento: dott.ssa F. Colonna

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

Centrale Termoelettrica della Spezia

Attuazione della Prescrizione 34 dell'AIA 351/2019



Novembre 2021

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

Indice

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA..... | 5 |
| 2. LA PRESCRIZIONE 34..... | 6 |
| 2.1 Il Protocollo di attuazione della Prescrizione 34..... | 6 |
| 2.2 Numero e durata delle “campagne annuali di monitoraggio” del 2020..... | 7 |
| 2.2.1 <i>Eventi accidentali durante i monitoraggi del 2020.....</i> | <i>9</i> |
| 2.3 Postazioni di monitoraggio..... | 9 |
| 2.4 Tipi di deposimetri utilizzati..... | 11 |
| 2.5 Parametri chimici, metodi e validazione dei dati..... | 12 |
| 2.5.1 <i>Suddivisione delle attività analitiche per il 2020.....</i> | <i>13</i> |
| 2.5.2 <i>Validazione dei risultati.....</i> | <i>13</i> |
| 2.5.3 <i>Rilevazione dei dati di traffico.....</i> | <i>13</i> |
| 3. INQUADRAMENTO METEOROLOGICO..... | 14 |
| 3.1 Caratteristiche meteorologiche generali del periodo relativo alle campagne di monitoraggio previste dalla Prescrizione 34..... | 14 |
| 3.2 Andamento della temperatura e dell’umidità..... | 17 |
| 3.3 Anemometria..... | 20 |
| 3.4 Precipitazioni..... | 23 |
| 3.5 Caratteristiche meteo generali delle campagne suppletive effettuate a Bypass..... | 24 |
| 3.5.1 <i>La situazione meteo nel corso della campagna P18 19/L (12/12/2019÷ 13/01/2020).....</i> | <i>25</i> |
| 3.5.2 <i>La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/A (13/01/2020÷ 13/02/2020).....</i> | <i>25</i> |
| 3.5.3 <i>La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/B (13/02/2020 ÷ 17/03/2020).....</i> | <i>25</i> |
| 3.5.4 <i>La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/C (17/03/2020 ÷ 21/04/2020).....</i> | <i>26</i> |
| 3.5.5 <i>La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/D (21/04/2020 ÷ 27/05/2020).....</i> | <i>27</i> |
| 3.5.6 <i>La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/E (27/05/2020 ÷ 24/06/2020).....</i> | <i>28</i> |
| 3.5.7 <i>La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/F (30/07/2020 ÷ 03/09/2020).....</i> | <i>29</i> |
| 3.5.8 <i>La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/G (03/09/2020 ÷ 08/10/2020).....</i> | <i>30</i> |
| 3.5.9 <i>La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/H (08/10/2020 ÷ 10/11/2020).....</i> | <i>30</i> |
| 4. MOVIMENTAZIONE CARBONE E OPERATIVITÀ DELLA CENTRALE ENEL..... | 31 |
| 4.1 Scarico navi..... | 31 |
| 4.2 Giacenze carbone..... | 31 |
| 4.3 Movimentazione carbone..... | 33 |
| 4.4 Operatività della CTE..... | 34 |
| 5. RISULTATI DELLE CARATTERIZZAZIONI DELLE POLVERI..... | 38 |
| 5.1 Ratei polveri sedimentabili e entità precipitazioni..... | 38 |
| 5.1.1 <i>Valutazione della entità della polverosità.....</i> | <i>39</i> |
| 5.2 Metalli nelle deposizioni di polveri..... | 40 |
| 5.2.1 <i>Ratei di deposizione dei metalli.....</i> | <i>40</i> |
| 5.2.2 <i>Concentrazioni dei metalli nelle polveri depositate.....</i> | <i>46</i> |
| 5.3 Contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC)..... | 48 |
| 5.4 Caratterizzazione mediante SEM delle particelle depositate..... | 51 |
| 5.5 Analisi dati rilevati dalla postazione fissa BYPASS annuale..... | 53 |
| 5.5.1 <i>Rateo di deposizione di polveri.....</i> | <i>53</i> |
| 5.5.2 <i>Contenuto di metalli.....</i> | <i>55</i> |
| 5.5.3 <i>Caratterizzazione mediante SEM.....</i> | <i>56</i> |

| | |
|---|-----------|
| 6. SINTESI DEI RISULTATI DEL MONITORAGGIO FINO AL 2020..... | 58 |
| 6.1 Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili | 59 |
| 6.2 Deposizioni di metalli contenuti nelle polveri sedimentabili | 64 |
| 6.3 Concentrazione di metalli nelle deposizioni di polveri sedimentabili | 68 |
| 6.4 Indagini mediante SEM e carbonio organico (OC) ed elementare (EC) nelle deposizioni | 70 |
| 7. SINTESI E CONCLUSIONI..... | 74 |
| 7.1 Sintesi monitoraggio 2020 | 74 |
| 7.2 Sintesi e conclusioni del periodo 2014 ÷ 2020 | 77 |

ELENCO APPENDICI

- APPENDICE 1*** - Rose dei venti durante i periodi di monitoraggio.
APPENDICE 2 - Precipitazioni durante i periodi di monitoraggio.
APPENDICE 3 - Modalità operativa utilizzata per le indagini al SEM.
APPENDICE 4 - Valutazione della entità del traffico in zona Bypass.
APPENDICE 5 - Descrizione delle postazioni.

ELENCO ALLEGATI

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

1. PREMESSA

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

“Considerata l'importanza delle attività di scarico, movimentazione, stoccaggio e manipolazione del carbone quale sorgente di inquinamento è auspicabile una verifica dell'efficacia delle iniziative adottate che consenta alle Autorità locali competenti una corretta gestione dei rischi per la salute. Si prescrive pertanto al Gestore, d'intesa con ARPAL e Amministrazione comunale, l'attivazione di periodiche campagne di monitoraggio che, anche adottando tecniche di source apportionment, analizzino le deposizioni atmosferiche nelle aree prospicienti gli impianti in relazione alle potenziali sorgenti”.

Successivamente, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con decreto del 06/12/2019 (prot. 0000351) ha provveduto al riesame dell'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata con il decreto sopracitato. Il riesame ha lasciato nella sostanza immutata la Prescrizione oggetto del presente rapporto di fatto “rinominandola” in Prescrizione 34. Nel dettaglio questo il nuovo testo:

“Considerata l'importanza delle attività di scarico, movimentazione, stoccaggio e manipolazione del carbone quale sorgente di inquinamento il Gestore, d'intesa con ARPAL e Amministrazioni comunali (comuni di La Spezia e di Arcola), dovrà continuare ad implementare e migliorare il programma di campagne periodiche 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 della verifica dell'efficacia delle iniziative adottate consenta alle Autorità locali competenti una corretta gestione dei rischi per la salute”.

Al fine di definire 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 condiviso con il Gestore (società ENEL Produzione S.p.A., Centrale di La Spezia) e CESI¹ (verbale del 16/04/2014 - protocollo del Comune della Spezia nr. 8982 del 27/05/2014).

L'applicazione di tale Protocollo è proseguita fino ad oggi con una serie di modifiche condivise con gli Enti Locali coinvolti e nel seguito dettagliate.

¹ società di consulenza specialistica incaricata dal Gestore di collaborare con ARPAL nell'esecuzione dei monitoraggi concordati nel Protocollo di Attuazione

2. LA PRESCRIZIONE 34

Per l'attuazione della prescrizione 34, ARPAL ha condotto un percorso condiviso con gli Enti Locali con ENEL e con CESI, che ha preso in considerazione i seguenti aspetti:

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

2.1 Il Protocollo di attuazione della Prescrizione 34

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

Nel 2014 si è fatto ricorso ad un ampio disegno sperimentale per ottenere un numero sufficiente di informazioni sulle caratteristiche delle deposizioni nel comprensorio della Spezia: tale approccio è proseguito fino ad oggi con una serie di modifiche condivise con gli Enti Locali coinvolti applicate a partire dal 2016 ed i cui contenuti sono riportati nei paragrafi che seguono.

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

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

- i **deposimetri tipo "Bulk"** (UNI EN 15841:2010) raccolgono soprattutto la somma delle particelle sedimentabili per via secca e quelle dilavate dalle precipitazioni. Tali particelle sono in genere caratterizzate da una granulometria relativamente elevata e pertanto tendono a sedimentare per effetto della forza di gravità ed eventualmente risollevarsi su sollecitazione esterna;
- i **campionatori PTS, PM₁₀, PM_{2.5}** raccolgono le particelle sospese in aria con un sistema attivo di selezione di taglio granulometrico. Tali particelle sono costituite da una miscela complessa, multifase, di tutti i solidi aerodispersi e delle particelle liquide a bassa tensione di vapore e hanno dimensioni tali da restare in sospensione per un tempo più elevato delle particelle sedimentabile raccolte con i deposimetri. Nel dettaglio i campionatori PTS (polveri totali sospese) raccolgono

le polveri disperse in aria aventi un diametro aerodinamico in genere minore o uguale a 100 μm ; i campionatori PM₁₀ quelle aventi un diametro aereodinamico minore o uguale a 10 μm ; i campionatori PM_{2.5} quelle aventi un diametro aereodinamico minore o uguale a 2.5 μm .

Nel protocollo attuativo della **Prescrizione 29 (ex P14)**, che riguarda il monitoraggio di un'area vasta di dimensioni quasi provinciali per valutare l'impatto dovuto alle emissioni della centrale ENEL e in quello della **Prescrizione 34 (ex P18)**, che riguarda invece il monitoraggio di un'area limitata legata ai possibili impatti delle attività di movimentazione del carbone, dallo scarico nave all'ingresso in centrale ENEL, a partire dal 2020 si è definito di effettuare la speciazione chimica delle sole deposizioni².

I dettagli applicativi del protocollo attuativo della prescrizione 34 sono descritti nei paragrafi seguenti. Come nell'anno precedente, nel 2020:

- è stato mantenuto il monitoraggio continuativo istituito a partire dal 2016 presso la postazione divenuta permanente di **Bypass** (vedi Tabella 2), zona sottovento allo scarico del carbone ENEL;
- si è continuato lo studio per definire i contributi delle varie sorgenti al PM₁₀ in due postazioni della RQA (Fossamastra e Maggiolina) nella stagione invernale ed estiva in modo da avere un numero sufficiente di dati di input mediante Modello al Recettore (software PMF5-EPA);
- non sono stati effettuati i monitoraggi aggiuntivi di questo parametro nelle postazioni di Banchina ENEL, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano alla luce del fatto che gli andamenti di PTS analizzati nel corso dei diversi anni di monitoraggio sono sempre risultati in linea rispetto a quanto rilevato per il PM₁₀ sul resto della RQA della Spezia e non hanno mai presentato alcuna criticità; il monitoraggio della PTS è stato sostituito da attività modellistica specifica volta a meglio valutare gli eventuali impatti della centrale ENEL.

2.2 Numero e durata delle “campagne annuali di monitoraggio” del 2020

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

Si ricorda che l'anno 2020 è stato caratterizzato dall'emergenza legata alla diffusione del Covid-19. In particolare le misure introdotte dal Governo per il contenimento della pandemia, a partire dalla fine di febbraio 2020, con l'imposizione di una forte riduzione della mobilità e delle attività produttive, hanno determinato uno scenario del tutto inedito.

² Ad ulteriore rafforzamento delle scelte condivise va rilevato che la direttiva 2004/107/CE, recepita dal Dlgs 155/2010, ha introdotto la misura delle deposizioni come attività di monitoraggio utile per la valutazione dell'accumulo degli inquinanti nel suolo e dell'esposizione indiretta della popolazione attraverso la catena alimentare. Essa prevede che gli stati membri si adoperino per la raccolta di informazioni esaurienti in merito ai valori di deposizione di arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici, considerati critici per la loro tossicità in quanto riconosciuti come cancerogeni e genotossici.

Qui nel seguito sono elencate le principali fasi delle restrizioni sopracitate in Liguria:

- **25 febbraio:** sospensione di manifestazioni ed eventi pubblici e chiusura delle scuole di ogni ordine e grado,
- **1 marzo:** istituzioni di alcune 'zone rosse' (in Liguria la provincia di Savona),
- **9 marzo:** FASE1, Decreto 'iorestocasa' che ha imposto di uscire solo per esigenze lavorative, motivi di salute e necessità,
- **22 marzo:** Decreto che ha imposto ulteriori restrizioni mirate alla chiusura di tutte le attività, eccetto quelle strettamente necessarie,
- **18 maggio:** FASE2, Decreto che prevede la fine del lockdown intra-regionale,
- **3 giugno:** FASE3, Decreto che prevede la fine delle restrizioni agli spostamenti extra regionali.

Gli effetti delle misure di restrizione adottate per il contenimento della diffusione del Covid-19 sulla qualità aria in Liguria sono indicate in un Report dedicato³.

Le **due** campagne della **P34** previste dal protocollo, entrambe senza scarico di carbone ma con la centrale parzialmente in funzione solo per la campagna invernale (**20/2**), sono state svolte nel periodo con minori restrizioni ma sempre caratterizzato da una diminuzione sia delle attività produttive che della mobilità.

Nel prospetto che segue sono elencati i periodi di monitoraggio effettuati nel corso del 2020 includendo anche quelli della prescrizione 29:

| Prescrizione 34 | | | Prescrizione 29 | | |
|------------------|----------|--------------------|------------------|----------|----------------------|
| Data | Codifica | Note | Data | Codifica | Note |
| | | | 21/04 – 27/05/20 | P29 20/1 | Campagna primaverile |
| 24/06 - 30/07/20 | P34 20/1 | Campagna estiva | 24/06 – 30/07/20 | P29 20/2 | Campagna estiva |
| | | | 08/10 – 10/11/20 | P29 20/3 | Campagna autunnale |
| 10/11 - 11/12/20 | P34 20/2 | Campagna invernale | 10/11 – 11/12/20 | P29 20/4 | Campagna invernale |

Tabella 1 - Campagne di misura della Prescrizione 29 e 34.

Nel corso dell'anno 2020 è stato mantenuto il monitoraggio delle deposizioni totali, con campagne mensili a copertura di tutto l'anno, nella postazione di Bypass. La postazione è stata attivata in quanto la zona risulta sottovento allo scarico del carbone ENEL.

Nel prospetto che segue sono riassunti i periodi delle campagne integrative a Bypass.

| Prescrizione 34 | |
|---------------------|-------------|
| Data | Codifica |
| 12/12/19 – 13/01/20 | BY_L_P18 19 |
| 13/01/20 – 13/02/20 | BY_A_P34 20 |
| 13/02/20 – 17/03/20 | BY_B_P34 20 |
| 17/03/20 – 21/04/20 | BY_C_P34 20 |
| 21/04/20 - 27/05/20 | BY_D_P34 20 |

³ Report ARPAL sugli effetti per la qualità dell'aria del lockdown disponibile su sito <https://www.arpal.liguria.it/homepage/aria/monitoraggio-qualita%20C3%A0-dell-aria.html>

| Prescrizione 34 | |
|---------------------|-------------|
| Data | Codifica |
| 27/05/20 – 24/06/20 | BY_E_P34 20 |
| 30/07/20 – 03/09/20 | BY_F_P34 20 |
| 03/09/20 – 08/10/20 | BY_G_P34 20 |
| 08/10/20 – 10/11/20 | BY_H_P34 20 |

Tabella 2 - Campagne di misura integrative della Prescrizione P34.

La postazione di Bypass, quindi, è rimasta attiva con continuità per tutto l'anno. Le campagne BY_C e BY_D si sono svolte nella fase maggiormente interessata dal lockdown come meglio indicato in precedenza.

2.2.1 Eventi accidentali durante i monitoraggi del 2020

Le campagne di monitoraggio si sono svolte in un periodo caratterizzato dall'emergenza Covid-19 che, a partire da fine febbraio e fino a metà maggio 2020, ha visto una forte riduzione agli spostamenti e delle attività per effetto delle misure introdotte dal Governo (si veda il Report "L'effetto lockdown sulla qualità dell'aria in Liguria⁴").

Oltre a questo si riportano di seguito altri eventi rilevati per le deposizioni:

- durante la campagna integrativa **P18 19/L**, nei giorni **20-22/12/2019** l'area è stata interessata da intense piogge e accompagnate da intensa mareggiata;
- durante la campagna integrativa **P34 20/C**, a partire da **27/03/2020** è stato rilevato un rilevante trasporto di polveri provenienti dai deserti asiatici;
- durante la campagna integrativa **P34 20/D** si è rilevato in data **01/05/2020** un incendio presso una palazzina in centro della città, in data **13/05/2020** una significativa avvezione sahariana con significativa deposizione di sabbia;
- durante la campagna integrativa **P34 20/H** in data **14/10/2020** nelle vicinanze della postazione di Fossamastra si è avuto un rogo di auto e camper.

2.3 Postazioni di monitoraggio

La scelta delle postazioni effettuata nel 2020 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.

Nella tabella sono riportate le strumentazioni utilizzate durante le campagne:

⁴ disponibile alla pagina <https://www.arpal.liguria.it/media-e-notizie/agenzia-archivio-temi-news/4755-report-arpal-sugli-effetti-per-la-qualita%C3%A0-dell-aria-del-lockdown.html>

| Postazione | Significatività per le deposizioni | Tipi di deposimetri | Strumentazione meteo ⁵ |
|---------------|--|---------------------|-----------------------------------|
| Banchina ENEL | Scarico del carbone da navi | bulk per inorganici | - |
| Bypass | Scarico del carbone da navi e emissioni diffuse movimentazione carbone | bulk per inorganici | - |
| Torre T4 | Trasporto del carbone dalla banchina al carbonile e emissioni di polveri dal carbonile | bulk per inorganici | - |
| Torre T7 | Trasporto del carbone dalla banchina al carbonile e emissioni di polveri dal carbonile | bulk per inorganici | VV e DV |
| Ravano | Emissioni diffuse da attività portuali e da traffico pesante | - | - |

Tabella 3 - Postazioni di misura della Prescrizione 34.

Nel 2020, inoltre, sono state effettuate con l'utilizzo dei laboratori mobili di ARPAL anche campagne puntuali per valutare eventuali pressioni in alcuni punti critici del territorio. Le attività sono state condotte in concomitanza con quelle della P34 e precisamente a Melara nel periodo della **P34 20/2**: il report di questa campagna è disponibile sul sito web di ARPAL.

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



Figura 1 - Ubicazione delle postazioni di prelievo.

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

⁵ VV e DV = Velocità e Direzione del Vento a 4 m.

2.4 Tipi di deposimetri utilizzati

Ciascuna delle postazioni è stata dotata di un deposimetro “bulk” di tipo “bottle + funnel” che raccoglie indistintamente la frazione umida e secca delle deposizioni atmosferiche (deposizione atmosferica integrale). Il deposimetro utilizzato è costituito da imbuto e bottiglia di raccolta in materiale plastico, per la raccolta delle deposizioni destinate alla determinazione di specie metalliche.

Le caratteristiche dei campionatori sono in accordo con quelle previste dal seguente metodo:

Deposimetro: UNI EN 15841:2009 “Ambient air quality - Standard method for determination of arsenic, cadmium, lead and nickel in atmospheric deposition”.

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 dalla norma di riferimento sopra citata. Nella figura che segue è visibile la configurazione dei campionatori in una delle postazioni di monitoraggio prescelte (Banchina ENEL):



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

2.5 Parametri chimici, metodi e validazione dei dati

Nelle deposizioni atmosferiche raccolte, si è proceduto alla determinazione dei seguenti parametri:

- volume di acqua raccolta, se presente;
- peso delle polveri insolubili in acqua, per la valutazione della entità del rateo di deposizione, tramite filtrazione della deposizione integrale o lisciviazione della deposizione secca in assenza di precipitazioni;
- sul materiale raccolto su filtri, si è effettuato:
 - o determinazione dei seguenti elementi metallici: As, Cd, Cr tot, Hg, Ni, Pb, Cu, Mn, Tl, V;
 - o analisi integrativa del contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC) (v. par. 5.3). La somma dei due ha fornito il carbonio totale (TC);
 - o indagini in microscopia a scansione elettronica (SEM) per la valutazione delle particelle di carbone.

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

| Parametro | u.d.m. | Limite di Quantificazione |
|-----------|--------|---------------------------|
| As | µg | 0,02 |
| Cd | µg | 0,01 |
| Cr | µg | 0,20 |
| Cu | µg | 0,05 |
| Hg | µg | 0,01 |
| Mn | µg | 0,10 |
| Ni | µg | 0,03 |
| Pb | µg | 0,02 |
| Tl | µg | 0,01 |
| V | µg | 0,02 |

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

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

| Parametro | u.m. | Carbonio |
|--------------------------|-------------------------------|----------|
| Carbonio Organico (OC) | [µg su filtro diametro 47 mm] | 1,3 |
| Carbonio Elementare (EC) | [µg su filtro diametro 47 mm] | 1,3 |

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

I valori assoluti in μg dei metalli e di OC e EC determinati in laboratorio sono stati successivamente normalizzati rispetto all'area del deposimetro e al numero di giorni di durata delle campagne, esprimendo così il valore finale in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ (rateo di deposizione giornaliero).

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

Le analisi dei campioni al SEM sono state effettuate sulle deposizioni e le determinazioni di carbonio elementare (EC) e organico (OC) sono state eseguite su campioni di PM10 prelevati per periodi prolungati (serie di dati di almeno 50 giornate consecutive in differenti stagioni) in singole stazioni della RQA, che comprendono anche la postazione di Fossamastra, che, come noto è limitrofa all'area della Banchina ENEL. Con questa metodologia è stato possibile realizzare elaborazioni statistiche per l'identificazione delle sorgenti e la quantificazione del loro contributo (Source Apportionment); i risultati analitici e le elaborazioni modellistiche saranno oggetto di un unico report dedicato.

Oltre ai parametri chimici, per ciascun deposimetro inorganico, è stata determinata, mediante analisi gravimetrica, l'entità della deposizione di particolato sedimentabile insolubile in acqua e di fase acquosa (precipitazione umida), se presente.

2.5.1 Suddivisione delle attività analitiche per il 2020

Le attività analitiche relative alla caratterizzazione chimica delle deposizioni relative alle campagne previste dal protocollo sono state così suddivise:

- preparazione dei campioni per la determinazione dei metalli: CESI e ARPAL, con procedura conforme alla norma UNI EN 15841:2009 e concordata dai rispettivi tecnici di laboratorio, con verifiche puntuali da parte di ARPAL sulle determinazioni CESI;
- analisi dei metalli: effettuate da CESI con validazione dei risultati da parte del laboratorio ARPAL;
- microscopia a scansione elettronica: ARPAL con procedura concordata con CESI.

Le deposizioni della postazione fissa di **Bypass** raccolte nei periodi non previsti dalle campagne del protocollo di attuazione della Prescrizione 34 sono state caratterizzate da ARPAL relativamente alla composizione dei metalli.

2.5.2 Validazione dei risultati

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

Relativamente alle determinazioni dei metalli sulle deposizioni sono stati validati 5 campioni sui 12 totali eseguendo la determinazione analitica di tutti e 9 i metalli determinati. L'indice di validazione conclusivo è risultato pari a 93%, maggiore del valore soglia prefissato dal protocollo ARPAL, pari al 70%.

2.5.3 Rilevazione dei dati di traffico

Durante le due campagne del 2020 sono stati acquisiti i dati di traffico, posizionando un rilevatore in V.le San Bartolomeo, in prossimità del sito di Bypass. (Appendice 4).

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 di Torre T7 e Torre T4.

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

| Postazione | Tipologia | Quota slm (m) | Parametri meteo misurati ⁶ |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------|---------------------------------------|
| Comune della Spezia ⁷ | Stazione fissa | 40 | VV, DV 6 m, TA, UR, PA, RG |
| Monte Beverone | Stazione fissa | 220 | VV e DV 15 m, TA, UR, RG |
| Torre T7 | Integrazione strumentazione CESI | 5 | VV e DV 4m |
| Torre T4 | Integrazione strumentazione CESI | 5 | VV e DV 4m |

Tabella 6 – Postazioni meteorologiche utilizzate.

3.1 Caratteristiche meteorologiche generali del periodo relativo alle campagne di monitoraggio previste dalla Prescrizione 34

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

La campagna **estiva P34 20/1** (24/06/2020 ÷ 30/07/2020) ha visto la presenza del più mite anticiclone delle Azzorre, rispetto a quello di matrice africana che nel 2019 aveva dominato il mese di luglio. Nell'ultima settimana della campagna si è registrato l'unico episodio precipitativo significativo e, a seguire, si è assistito all'arrivo di un anticiclone di matrice africana con un forte innalzamento delle temperature e dell'umidità.

Pertanto, il periodo, in linea con la climatologia, è stato caratterizzato da temperature estive, ventilazione in regime di brezza e scarse precipitazioni.

La campagna **invernale P34 20/2** (10/11/2020 ÷ 11/12/2020) può essere divisa in due parti: quella che si sviluppa nel mese di novembre, decisamente autunnale e quella a dicembre caratterizzata da un tempo fortemente instabile e perturbato, con molteplici episodi di maltempo estremo e con vere e proprie burrasche sciroccali. Le cumulate sono state rilevanti (intorno ai 200 mm sull'area del golfo e superiori ai 300 in val di Vara) e superiori ai valori climatologici attesi.

⁶ 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.

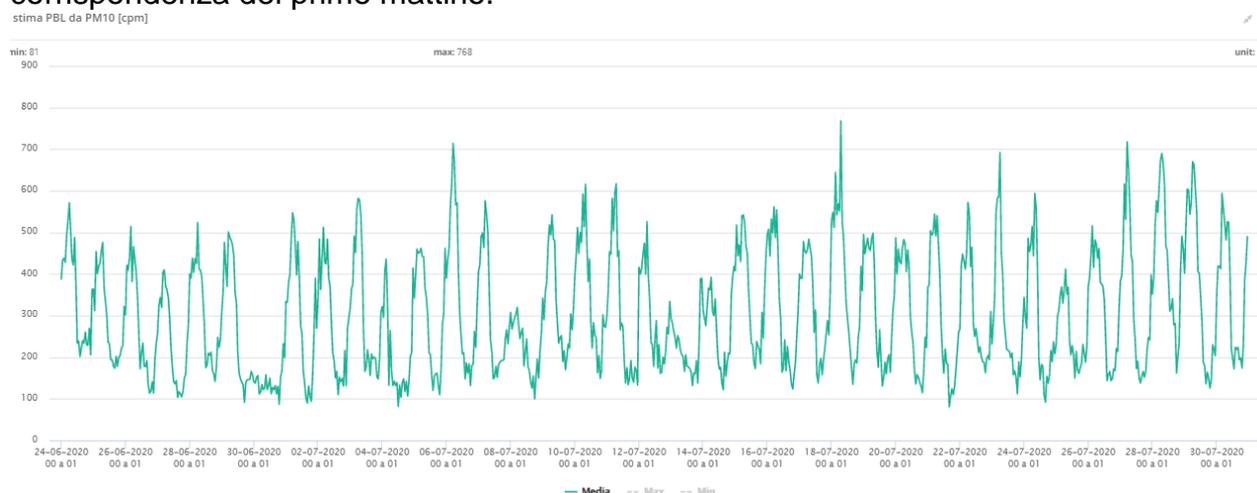
Nel dettaglio la prima fase della campagna **estiva P34 20/1 (24/06/2020 ÷ 30/07/2020)** si sviluppa nell'ultima settimana di giugno, in un momento caratterizzato da una significativa rimonta anticiclonica che ha favorito un miglioramento delle condizioni meteo ed un aumento delle temperature che hanno raggiunto per la prima volta nell'anno i tipici valori estivi.

Negli ultimi giorni del mese si osserva un passaggio di un sistema frontale con condizioni di Libeccio e formazione di debole minimo di 1010 hPa sul Golfo, con conseguente significativo aumento del moto ondoso.

Con l'inizio del mese di luglio si entra veramente nell'estate meteorologica senza però arrivare ai picchi termici del 2019: questo per effetto soprattutto della dominanza del più mite anticiclone delle Azzorre, rispetto a quello di matrice africana che l'anno precedente aveva dominato la scena in questo periodo.

A partire dalla seconda decade di luglio si assiste ad un rafforzamento dell'anticiclone seppur intervallato da alcune infiltrazioni più fresche in quota intorno al 24 che hanno dato vita a episodi temporaleschi intensi che hanno, di fatto, rappresentato gli unici episodi precipitativi del periodo. Dalla fine del mese si assiste ad un'ondata di caldo intenso con temperature che sul Tirreno si alzano verso i 40 °C: il rialzo termico è accompagnato da un aumento dell'umidità con disagio fisiologico da caldo. Ciò è dovuto questa volta ad un anticiclone di matrice africana che, sviluppandosi dal nord Africa lungo i meridiani fino all'Europa centrale, ha dato luogo ad una risalita di correnti caldo umide da sud e sud-est.

Nel grafico sottostante sono rappresentati i valori disponibili dell'attività BETA associabile ai prodotti di decadimento del Radon⁸ rilevati con il campionatore SWAM di Amendola: sono evidenti i cicli giornalieri che presentano una sostanziale regolarità, per effetto della pressoché totale assenza di fasi instabili (fa eccezione la fine del mese di giugno) e con i valori di massimo intrappolamento (dunque di PBL più basso) in corrispondenza del primo mattino.



⁸ Il Radon è un composto chimicamente stabile con un flusso emissivo che può essere considerato costante sulla scala spaziotemporale d'interesse e che è stato dimostrato essere correlato al potenziale di diluizione dello strato limite planetario (Planetary Boundary Layer). È prodotto nel suolo dal decadimento del ²²²Rn e dell'isotopo ²²⁰Rn (Thoron) ed è rilasciato in atmosfera dove si disperde prevalentemente per diffusione turbolenta. La concentrazione di Radon in atmosfera, quindi, dipende principalmente dal fattore di diluizione verticale e i prodotti del Radon possono essere considerati come traccianti naturali delle proprietà di rimescolamento dei bassi strati del PBL. Infatti, la radioattività naturale si mantiene su valori costantemente bassi in caso di rimescolamento convettivo o avvezione e aumenta quando la stabilità atmosferica consente l'accumulo del Radon nei bassi strati del PBL: di conseguenza misurando tale parametro è possibile avere una valutazione della stabilità atmosferica.

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

La campagna **invernale P34 20/2** (10/11/2020 ÷ 11/12/2020) si sviluppa a partire dalla seconda decade del mese di novembre in concomitanza con il rafforzamento dell'anticiclone sull'Europa centro orientale e sulla Penisola: una fase dunque di bel tempo, pur con qualche debole passaggio nuvoloso atlantico associato a deboli precipitazioni. Nella seconda parte del mese, dopo un veloce passaggio frontale associato a temporanei piovoschi, si registrano dapprima condizioni anticicloniche associate a tempo mite, poi a partire dall'inizio dell'ultima decade, meteo più incerto, ventoso e più fresco con un importante crollo delle temperature che caratterizza la fine del mese e l'inizio dell'inverno meteorologico.

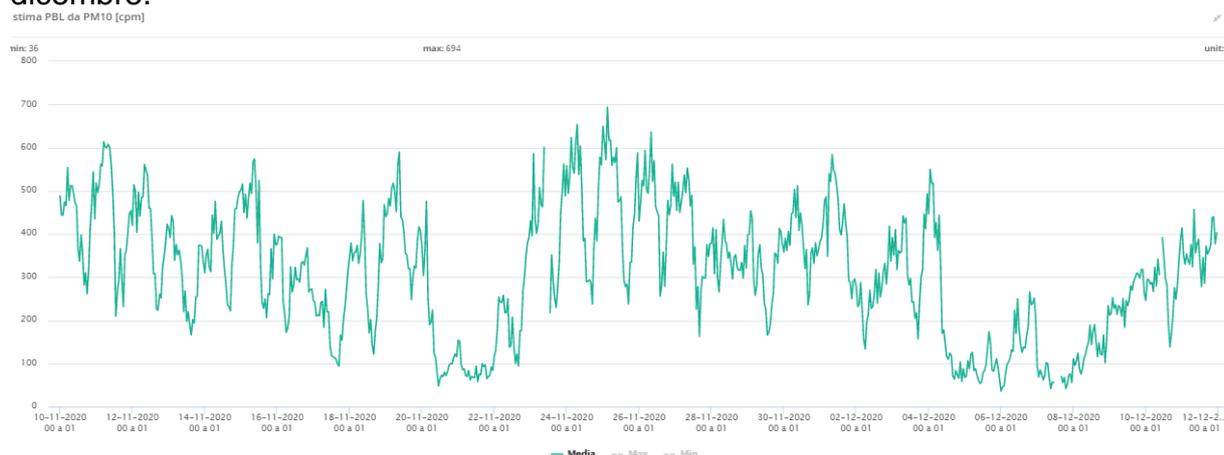
Il mese di dicembre è caratterizzato da un tempo decisamente instabile e perturbato, con molteplici episodi di maltempo estremo, con vere e proprie burrasche sciroccali.

Nel periodo si assiste alla frequente formazione di depressioni sul nord Italia, associate ad intensi venti ciclonici ed ingressi polari che hanno dato vita anche a fenomeni nevosi che hanno portato qualche spolverata sui rilievi.

Nel dettaglio, dopo un inizio soleggiato e fresco, si assiste ad un primo intenso peggioramento con nevischio fino a quote collinari e venti rafficati e mareggiate tra il 4 e 5. La seconda settimana è caratterizzata da nuovo maltempo legato all'approfondimento di una vasta saccatura sul Mediterraneo occidentale che riporta pioggia, grandine e neve nell'interno.

Le cumulate sono state rilevanti (intorno ai 200 mm sull'area del golfo e superiori ai 300 in val di Vara) e superiori ai valori climatologici attesi.

Nel grafico sottostante, sono rappresentati i valori disponibili di stima della stabilità atmosferica legata alla misura dell'attività BETA associabile ai prodotti di decadimento del Radon rilevati con risoluzione oraria dal campionatore SWAM della postazione di Fossamastra: sono evidenti i cicli giornalieri (valori relativamente più elevati di notte rispetto al giorno) sopra i quali si innestano le situazioni meteorologiche locali che hanno portato alla quasi totale scomparsa del ciclo giorno/notte, nelle varie situazioni di tempo perturbato registrate nel periodo nel quale si è sviluppato il monitoraggio: è molto evidente la fase di 'puro' maltempo registrata nel corso delle prime due settimane di dicembre.



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

3.2 Andamento della temperatura e dell'umidità

Nelle figure che seguono sono riportati, nei due periodi di monitoraggio, gli andamenti di temperatura e umidità misurati presso la postazione della rete meteo ARPAL e presso Torre T7.

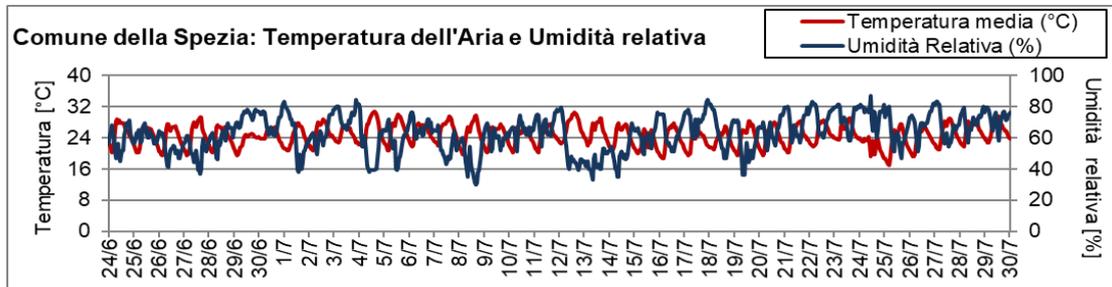


Figura 3– Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P34 20/1.

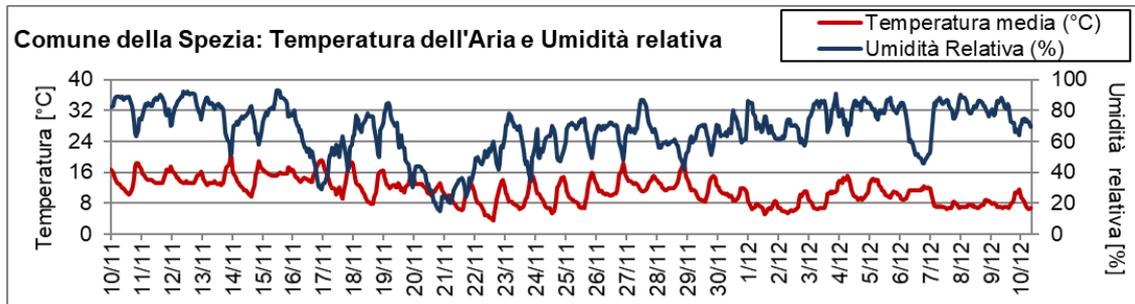


Figura 4 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P34 20/2.

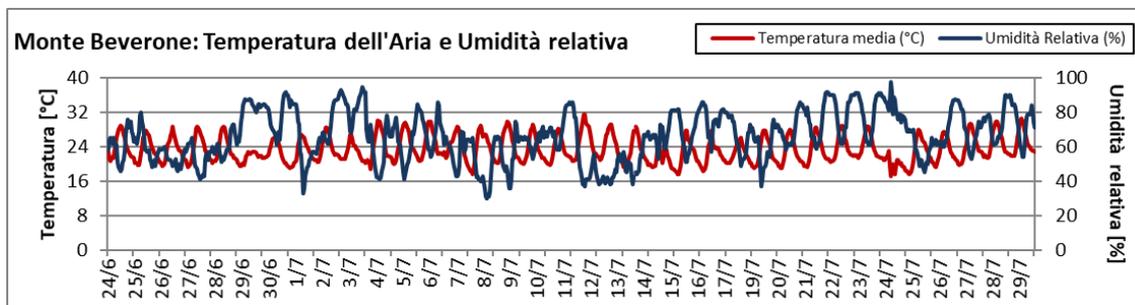


Figura 5– Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P34 20/1.



Figura 6– Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P34 20/2.

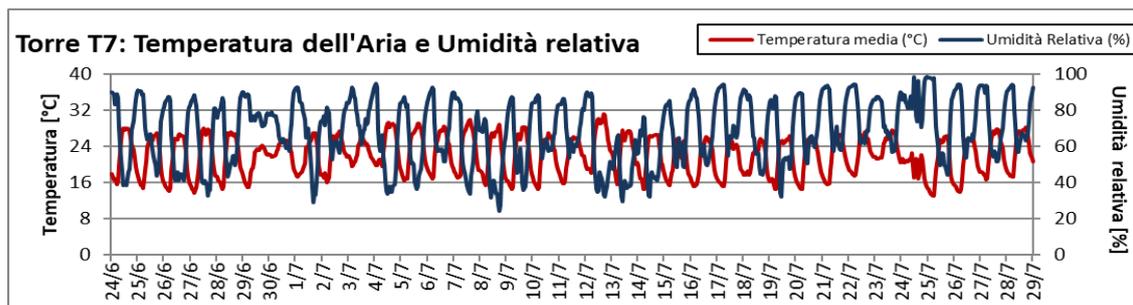


Figura 7– Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P34 20/1.

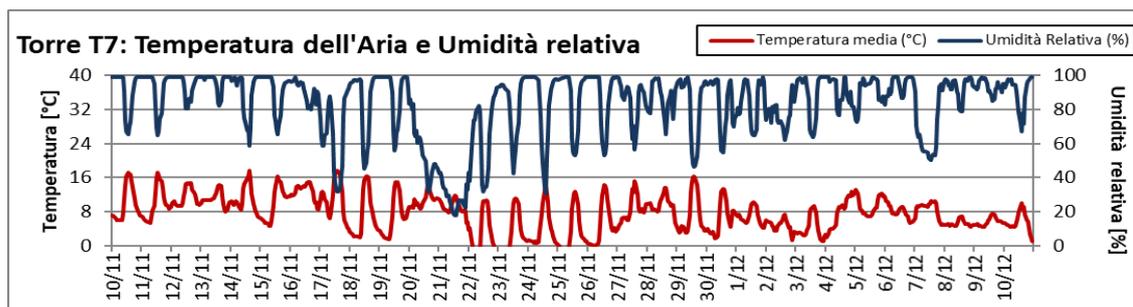


Figura 8– Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P34 20/2.

Il prospetto seguente riassume alcuni indici statistici di temperatura e umidità nelle campagne per le due postazioni:

| | Comune della Spezia | |
|-------------------------|---------------------|-----------|
| | estiva | invernale |
| | P34 20/1 | P34 20/2 |
| Temperatura (°C) | | |
| media | 25 | 11 |
| minimo | 17 | 4 |
| massimo | 31 | 20 |
| mediana | 25 | 11 |
| Umidità (%) | | |
| media | 63 | 68 |
| minimo | 30 | 15 |
| massimo | 87 | 93 |
| mediana | 63 | 70 |

Tabella 7 – Indici statistici meteorologici Comune della Spezia.

| Monte Beverone | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------|
| | estiva | invernale |
| | P34 20/1 | P34 20/2 |
| Temperatura (°C) | | |
| media | 25 | 11 |
| minimo | 17 | 4 |
| massimo | 31 | 20 |
| mediana | 25 | 11 |
| Umidità (%) | | |
| media | 63 | 68 |
| minimo | 30 | 15 |
| massimo | 87 | 93 |
| mediana | 63 | 70 |

Tabella 8 – Indici statistici meteorologici Monte Beverone.

Le campagne sono state caratterizzate da temperature mediamente sopra la norma, in particolare nella campagna estiva con valori prossimi a quelli rilevati nei corrispettivi periodi dell'anno precedente.

3.3 Anemometria

Di seguito sono riportate le Rose dei Venti geolocalizzate sulle postazioni individuate come rappresentative: Comune della Spezia, Monte Beverone e Torre T7. In Appendice 1 sono riportate le rose dei venti e una tabella con le frequenze e le velocità medie scalari dei venti per ogni direzione:



Figura 9 - Rose dei venti durante la P34 20/1 (campagna estiva).



Figura 10 - Rose dei venti durante la P34 20/2 (campagna invernale).

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

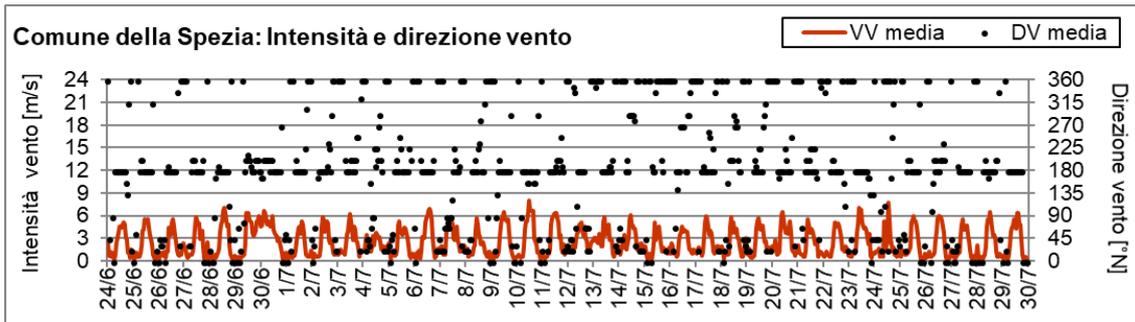


Figura 11– Intensità e direzione del vento durante la Campagna P34 20/1 (Comune della Spezia).

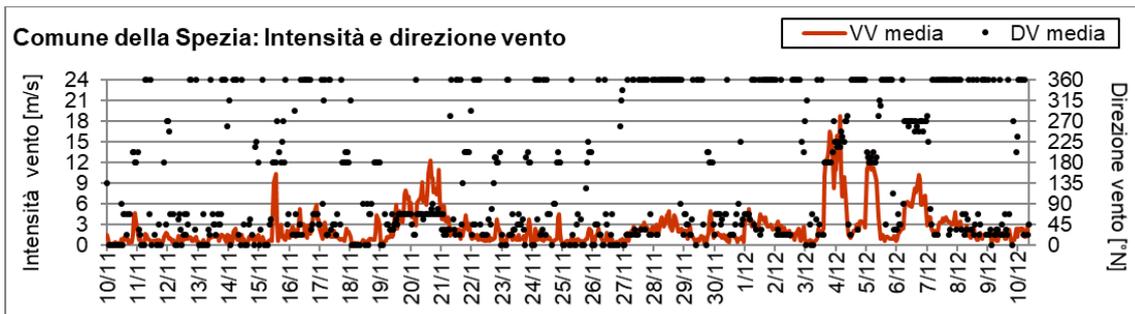


Figura 12– Intensità e direzione del vento durante la Campagna P34 20/2 (Comune della Spezia).

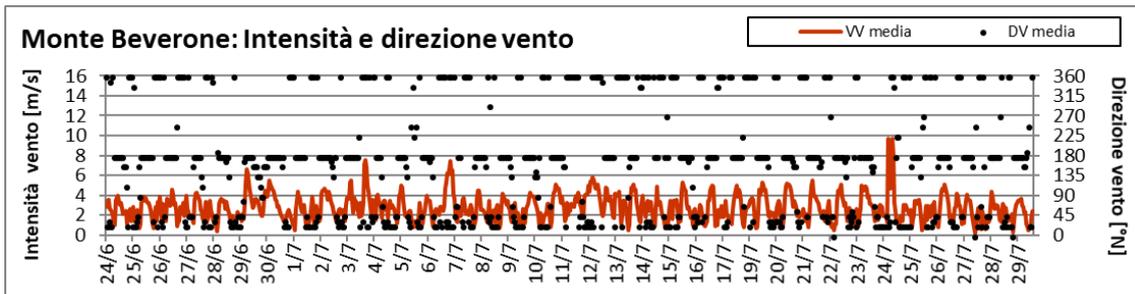


Figura 13– Intensità e direzione del vento durante la Campagna P34 20/1 (Monte Beverone).

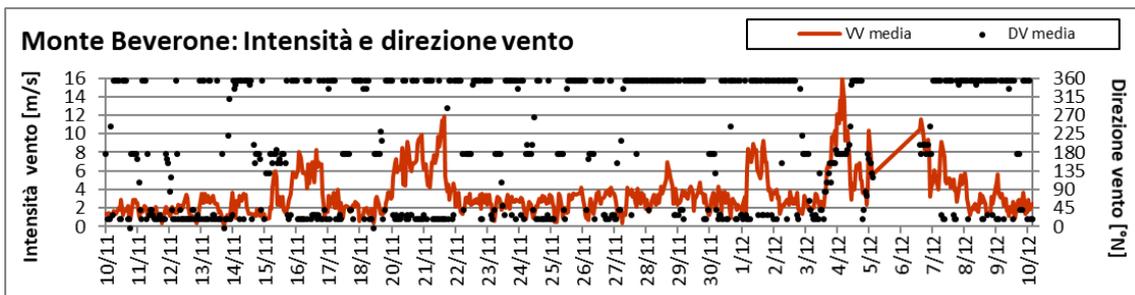


Figura 14– Intensità e direzione del vento durante la Campagna P34 20/2 (Monte Beverone).

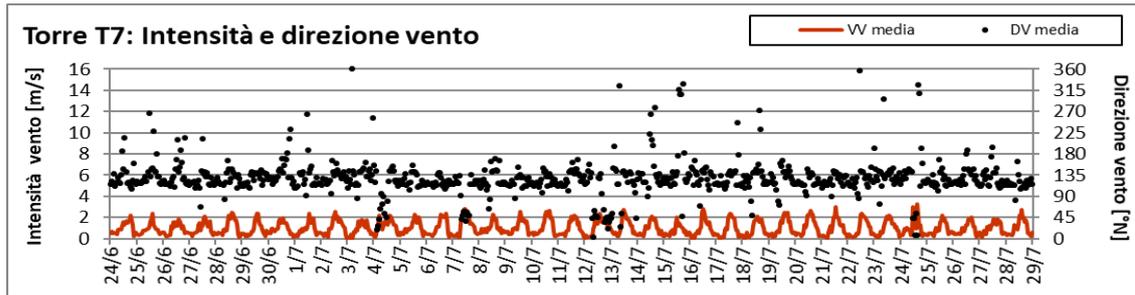


Figura 15– Intensità e direzione del vento durante la Campagna P34 20/1 (Torre T7).

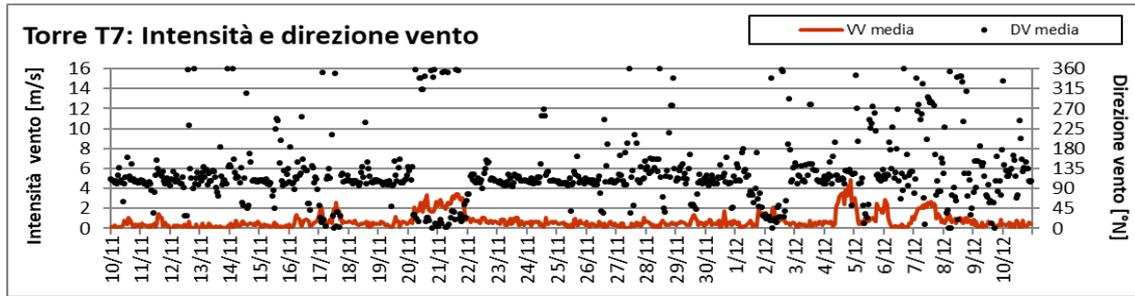


Figura 16– Intensità e direzione del vento durante la Campagna P34 20/2 (Torre T7).

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

Durante l'estate è ben visibile la ciclicità nell'intensità e direzione del vento (legata per l'appunto ai meccanismi di brezza) con valori medi intorno ai 6 m/s in estate quando le termiche sono più intense e lievemente superiori nella postazione del Comune.

Durante la campagna invernale, in occasione dei passaggi perturbati, si sono registrati valori anche oltre i 15 m/s, con prevalenza della ventilazione dai quadranti settentrionali. La figura che segue riassume la frequenza di ore con differenti velocità di vento nelle due campagne di monitoraggio. Risulta evidente la differenza dell'andamento della velocità del vento nelle due campagne e tra le postazioni, con una diversa distribuzione delle intensità e valori mediamente più alti nella postazione del Monte Beverone, posta ad una quota più elevata.

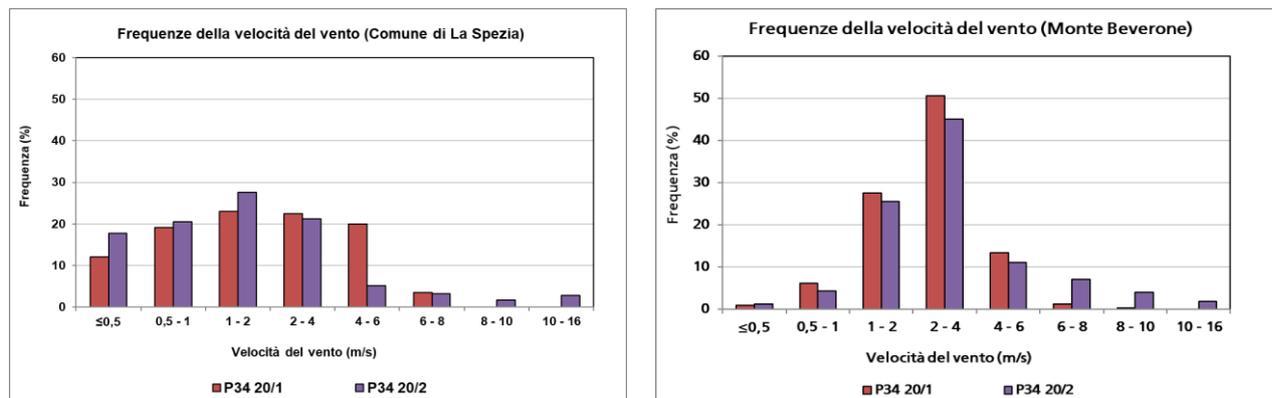


Figura 17– Frequenze della velocità del vento nei due periodi di monitoraggio.

| | | Velocità vento [m/s] - Comune della Spezia | | | | | | | |
|----------|------------|--|-------|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| Campagna | Ore totali | ≤0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-4 | 4-6 | 6-8 | 8-10 | 10-16 |
| P34 20/1 | 888 | 107 | 170 | 204 | 199 | 177 | 31 | 0 | 0 |
| P34 20/2 | 765 | 136 | 157 | 211 | 162 | 39 | 25 | 13 | 22 |

| | | Velocità vento [m/s] - Monte Beverone | | | | | | | |
|----------|------------|---------------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| Campagna | Ore totali | ≤0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-4 | 4-6 | 6-8 | 8-10 | 10-16 |
| P34 20/1 | 888 | 8 | 54 | 244 | 449 | 119 | 11 | 3 | 0 |
| P34 20/2 | 731 | 9 | 31 | 186 | 334 | 81 | 52 | 34 | 13 |

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

3.4 Precipitazioni

Nel seguito è mostrata una tabella riepilogativa delle precipitazioni registrate nel corso delle campagne di monitoraggio presso la postazione di riferimento del Comune della Spezia.

| Comune della Spezia | | |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| | Campagna P34 20/1 | Campagna P34 20/2 |
| N° eventi meteorici | 1 | 5 |
| N° giorni totali | 2 | 14 |
| Precipitazione totale [mm] | 34,4 | 144,6 |

Tabella 10 – Precipitazione cumulata misurata a Comune della Spezia (mm).

Nel grafico successivo è mostrato l'andamento temporale degli eventi di precipitazione nelle due campagne di monitoraggio:

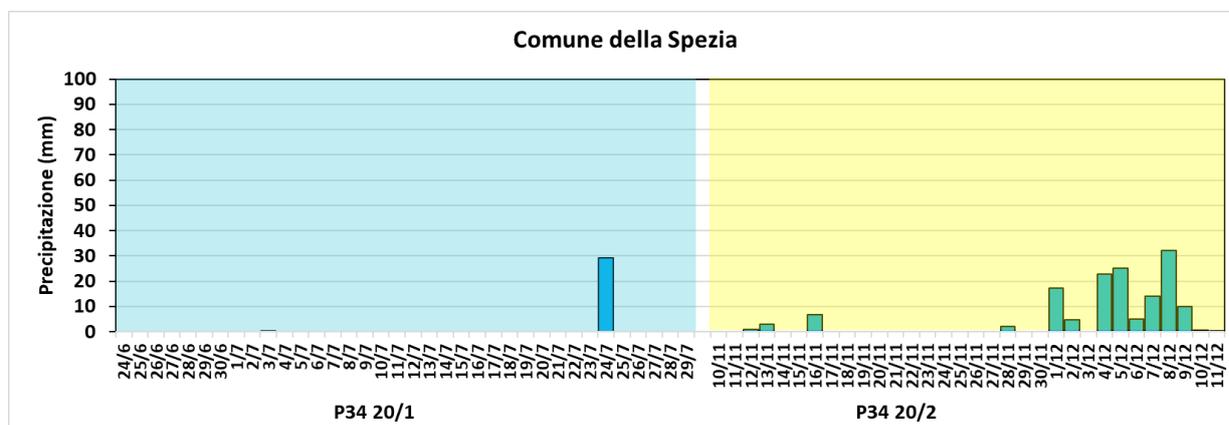


Figura 18– Precipitazioni durante il periodo delle campagne del 2020.

3.5 Caratteristiche meteo generali delle campagne suppletive effettuate a Bypass

Nel seguito sono descritte le principali caratteristiche meteorologiche delle campagne di monitoraggio integrative, che hanno consentito di verificare con continuità nel corso dell'anno 2020, le deposizioni inorganiche presso il sito di Bypass.

Nella tabella che segue è riportata l'articolazione delle diverse campagne ed il raffronto tra la precipitazione raccolta nei deposimetri e quella rilevata presso la postazione del Comune della Spezia.

| Campagna | Data Inizio | Data Fine | Giorni esposizione | Precipitazione raccolta [mm] | Precipitazione Stazione La Spezia Comune [mm] | Precipitazione Stazione Pitelli [mm] |
|----------|-------------|------------|--------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| BY 19/L | 12/12/2019 | 13/01/2020 | 32 | 214 | 139 | 156 |
| BY 20/A | 13/01/2020 | 13/02/2020 | 31 | 130 | 109 | 95 |
| BY 20/B | 13/02/2020 | 17/03/2020 | 33 | 185 | 134 | 143 |
| BY 20/C | 17/03/2020 | 21/04/2020 | 35 | 18 | 15 | 13 |
| BY 20/D | 21/04/2020 | 27/05/2020 | 36 | 107 | 87 | 70 |
| BY 20/E | 27/05/2020 | 24/06/2020 | 28 | 123 | 66 | 82 |
| P34 20/1 | 24/06/2020 | 30/07/2020 | 36 | 42 | 29 | 26 |
| BY 20/F | 30/07/2020 | 03/09/2020 | 35 | 100 | 69 | 75 |
| BY 20/G | 03/09/2020 | 08/10/2020 | 35 | 201 | 128 | 150 |
| BY 20/H | 08/10/2020 | 10/11/2020 | 33 | 57 | 62 | 57 |
| P34 20/2 | 10/11/2020 | 11/12/2020 | 31 | 228 | 145 | 162 |

Tabella 11 – Precipitazione cumulata misurata presso il Comune della Spezia, Pitelli e a ByPass (mm).

Il confronto tra la precipitazione raccolta nei deposimetri e quella misurata dai pluviometri di riferimento mostra andamenti analoghi con scostamenti anche significativi nei valori di registrati: in alcuni casi i valori rilevati con i deposimetri sono risultati superiori oltre il 30% rispetto alla media delle misure pluviometriche.

Per completare la copertura annuale, un'ulteriore campagna è stata effettuata a partire dal 11/12/20. Tale campagna si è però svolta in parte anche nel corso del mese di gennaio 2021 e pertanto sarà elaborata e discussa in occasione del prossimo Rapporto.

3.5.1 La situazione meteo nel corso della campagna P18 19/L (12/12/2019÷ 13/01/2020)

La campagna nella fase iniziale, si sviluppa in un contesto dominato da una serie di depressioni atlantiche che nelle prime due decadi di dicembre hanno insistito sull'area mediterranea portando diverse fasi perturbate accompagnate da intense precipitazioni. Verso la fine della seconda decade, si assiste ad un forte e marcato peggioramento associato a precipitazioni e mareggiate; la fase di maltempo termina in concomitanza con le feste natalizie quando si osserva un flusso più occidentale e una successiva rimonta anticiclonica che nell'ultima parte dell'anno dà vita a giornate terse e soleggiate. La prima parte del nuovo anno è caratterizzata da condizioni di spiccata variabilità: si succedono veloci sistemi perturbati e solo sul termine del monitoraggio si osserva un tempo più stabile e mite per effetto di una decisa rimonta anticiclonica.

3.5.2 La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/A (13/01/2020÷ 13/02/2020)

Durante la prima parte del monitoraggio si osservano condizioni di variabilità con episodi di maltempo e qualche precipitazione più consistente sul centro levante. Tali situazioni sono legate al passaggio di sistemi frontali associati alla formazione di minimi secondari con conseguente rinforzo dei venti ciclonici sul ligure ed un aumento del moto ondoso. Si assiste anche a qualche spolverata di neve sulle cime più alte con alcuni rovesci, seguiti da ampie schiarite in un contesto di venti settentrionali.

Nell'ultima decade del mese, si osserva invece un tempo più soleggiato con giornate più fresche, intervallate da qualche velatura e nuvolosità più consistente associata a piovvaschi sparsi.

Con il mese di febbraio si assiste ad un ulteriore quanto anomalo rialzo termico con temperature ben al di sopra della norma. Fino al termine del periodo si assiste solo a qualche passaggio nord-occidentale associato a temporanei peggioramenti e qualche innocuo episodio precipitativo.

3.5.3 La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/B (13/02/2020 ÷ 17/03/2020)

Anche la seconda decade di febbraio evidenzia forti anomalie, con caratteristiche tipicamente primaverili e temperature assai gradevoli in costa: tempo in prevalenza soleggiato e mite ed un importante episodio di fohen sul finire della seconda decade del mese.

Con marzo ha inizio la primavera meteorologica, ma questo avviene in concomitanza di una forte flessione termica. Dopo il maltempo dei primi due giorni del mese, per effetto dell'ingresso di correnti più fresche nord-occidentali si osservano schiarite e cieli tersi per il resto del periodo.

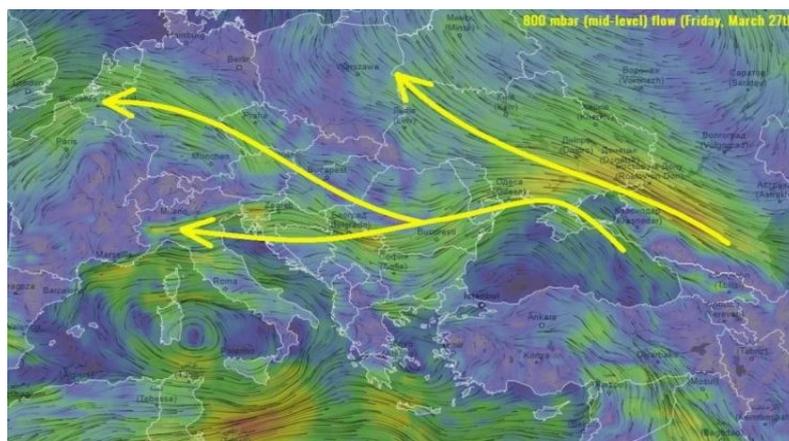
Non si evidenzia alcuna mareggiata significativa, salvo condizioni di mare molto mosso verso il 2 e 6 del mese (fetch di Libeccio corto) per il passaggio di alcuni sistemi frontali atlantici collegati alla formazione di una circolazione depressionaria secondaria sul nord Italia.

Sulla Liguria a parte gli episodi precipitativi d'inizio mese si osservano nel periodo precipitazioni inferiori ai valori climatologici.

3.5.4 La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/C (17/03/2020 ÷ 21/04/2020)

In concomitanza con l'inizio della campagna si assiste ad un cambiamento di configurazione sinottica che vede l'estensione dell'anticiclone tra l'Atlantico e l'Europa centrale. Questa struttura sinottica intorno al giorno 20 si rinforza spostandosi verso l'Europa centro orientale e mantenendo sull'Italia condizioni di marcata stabilità. Intorno al giorno 23, un passaggio frontale da nord porta l'ingresso di aria più fresca balcanica sul Nord Italia, associata a nubi e qualche precipitazione a cui succedono rapide schiarite e venti rafficati di grecale: tale situazione è seguita da altri ingressi perturbati dai quadranti settentrionali e qualche episodio di maltempo.

Molto particolare è poi l'evento che a fine mese di marzo, vede forti correnti nord orientali soffiare a una quota di circa 1500 metri con apporto di polveri sottili dall'estremo oriente, addirittura dal deserto del Gobi.



L'evento ha prodotto un evidente rialzo dei valori del PM10, interessando in particolare le centraline della costa: dall'analisi dei valori orari si è visto, come le polveri siano arrivate dapprima sul levante regionale e poi, con il passare delle ore, abbiano attraversato tutta la Liguria fino a Sanremo. Il fenomeno, ha visto il PM10 in alcuni casi quintuplicare il proprio valore nel giro di poche ore, con la situazione più evidente nel Tigullio (Chiavari a 105 e Rapallo a 103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Le medie giornaliere nelle sei postazioni spezzine nelle due giornate di sabato 28 e domenica 29 marzo sono risultate comprese tra 85 e 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pur trattandosi di un fine settimana ma soprattutto della fase di massimo lockdown legato all'emergenza covid-19. Nelle deposizioni, il fenomeno è stato però osservato con minore intensità probabilmente per via del fatto che la tipologia di polvere è risultata scarsamente sedimentabile.

Nella prima fase del mese di aprile continua la dominanza anticiclonica sull'Europa centro settentrionale, che ha favorito per l'appunto discese di aria più fredda dai quadranti nord-orientali.

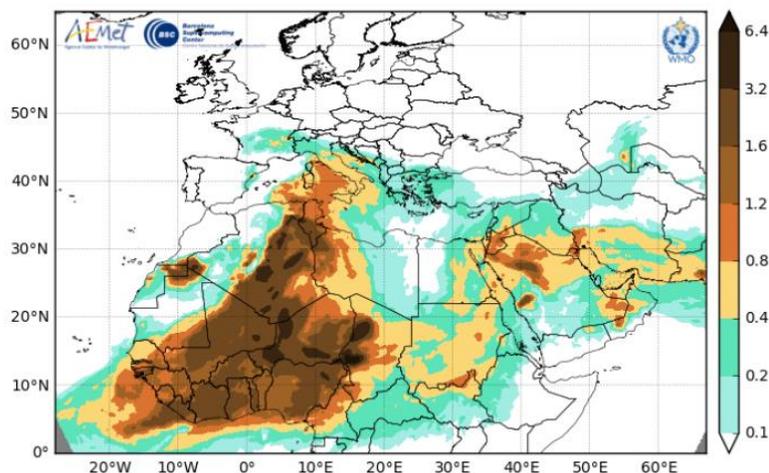
Segue nel corso del mese una ripresa delle temperature, anche se si evidenziano in alcuni periodi escursioni termiche ancora significative e tipiche comunque della stagione primaverile.

Nella Settimana Santa si osserva su gran parte della regione il fenomeno della nebbia denominata "Caligo" legato alla presenza di aria assai mite (in questo contesto di matrice subtropicale) che scorrendo sopra una superficie marina ancora fresca, tende a raffreddarsi dal basso e condensare creando nubi basse o nebbia d'avvezione.

Dopo una Pasqua prevalentemente serena, nella seconda parte del mese si rileva qualche passaggio instabile con nuvolosità a tratti intensa e venti forti da nord-est legati al rafforzamento dell'anticiclone sull'Europa centro-orientale.

Infine, nella fase di passaggio alla campagna successiva, si assiste ad un'importante avvezione di polveri sahariane che ha lasciato i suoi effetti più evidenti (probabilmente per effetto del risollevarmento) proprio nella campagna commentata in questo paragrafo.

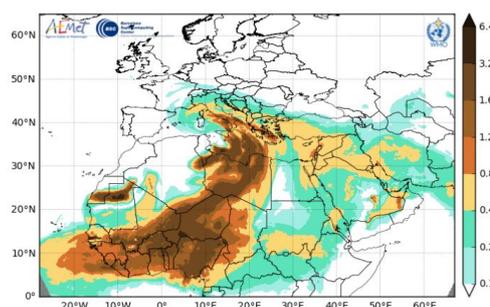
Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>
NMMB-MONARCH Res:0.1°x0.1° Dust Load (g/m²)
Run: 12h 18 APR 2020 Valid: 15h 19 APR 2020 (H+27)



3.5.5 La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/D (21/04/2020 ÷ 27/05/2020)

La campagna si apre in una fase caratterizzata da una forte avvezione Sahariana sul Mediterraneo centrale, iniziata intorno al 18 e proseguita fino oltre il 21, come risulta evidente dalla mappa relativa al giorno 20 aprile. In coda a questo evento si assiste ad un cambio di regime per l'entrata di un flusso atlantico che porta qualche giorno di pioggia e mari in aumento per flusso di Libeccio. Il prosieguo del mese risulta in gran parte caratterizzato da una vasta zona anticiclonica che domina quasi l'intera Europa, dall'Islanda fino al raggiungere il Mediterraneo centrale e l'Italia, con le zone di bassa pressione che restano confinate fuori dal continente.

Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>
NMMB-MONARCH Res:0.1°x0.1° Dust Load (g/m²)
Run: 12h 20 APR 2020 Valid: 00h 21 APR 2020 (H+12)

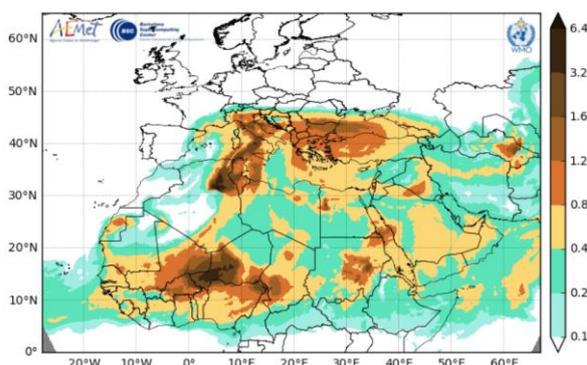


Nel corso della seconda decade la circolazione atlantica presente sul Portogallo e la Spagna comporta l'attivazione di una serie di impulsi atlantici sull'area mediterranea, spesso preceduti da richiami di aria caldo umida dal nord Africa che hanno dato vita ad alcune fasi di maltempo, verso il 10-13 ed il 19, con precipitazioni diffuse e valori cumulati in linea comunque con la climatologia.

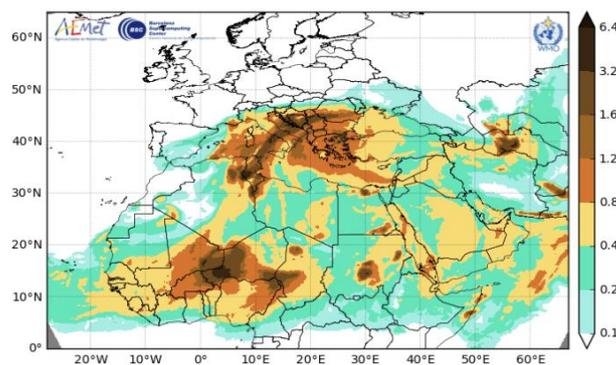
Di rilievo nel periodo vari eventi di trasporto di polveri di matrice Sahariana tra il 15 ed il 19 maggio, come si può osservare dalle mappe che seguono.

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

Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>
NMMB-MONARCH Res:0.1°x0.1° Dust Load (g/m²)
Run: 12h 15 MAY 2020 Valid: 00h 18 MAY 2020 (H+60)



Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>
NMMB-MONARCH Res:0.1°x0.1° Dust Load (g/m²)
Run: 12h 17 MAY 2020 Valid: 12h 17 MAY 2020 (H+00)



L'ultima fase del monitoraggio vede poi una rimonta anticiclonica che dall'Europa occidentale si è estesa a tutta l'Europa continentale che ha fatto sì che il nord Italia e la Liguria risultassero protetti dalle perturbazioni atlantiche.

3.5.6 La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/E (27/05/2020 ÷ 24/06/2020)

Con l'inizio dell'estate meteorologica si osserva un tempo incerto e più fresco, condizionato dalla presenza di un flusso atlantico sull'Europa.

Nella prima settimana di giugno si evidenzia un'area ciclonica che domina lo scenario meteorologico su gran parte del continente e le zone settentrionali del Mediterraneo con la formazione di un minimo sul Mediterraneo occidentale che dà luogo ad un peggioramento.

La seconda settimana di giugno è ancora caratterizzata dalla permanenza sul Mediterraneo di una vasta circolazione depressionaria che mantiene condizioni di spiccata variabilità sulla Liguria con instabilità accompagnata da piogge ed alcuni episodi di trombe marine attorno alla metà del mese.

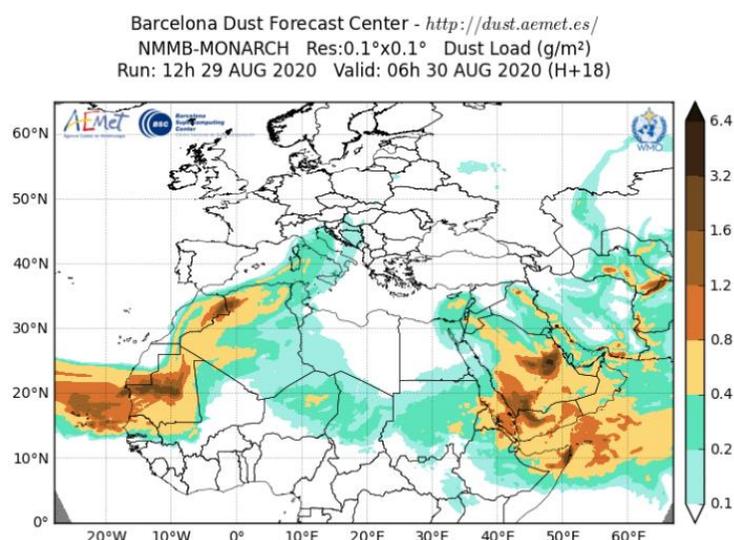
Solo nel corso della seconda parte del mese si assiste a una graduale rimonta anticiclonica con condizioni termiche estive con temperature che nell'interno del centro-levante toccano i 32/33° C e contemporaneamente in costa si registrano le prime notti tropicali

Si segnalano inoltre nel corso della campagna, numerosi eventi di mari tra molto mossi e agitati legati al passaggio dei diversi sistemi frontali atlantici.

3.5.7 La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/F (30/07/2020 ÷ 03/09/2020)

In concomitanza con l'inizio del monitoraggio si assiste ad un'ondata di caldo intenso con temperature che sul Tirreno si alzano verso i 40 °C. Il rialzo termico è accompagnato da un aumento dell'umidità con disagio fisiologico da caldo per via di un anticiclone che, sviluppandosi dal nord Africa lungo i meridiani fino all'Europa centrale, ha prodotto una risalita di correnti caldo umide da sud e sud-est. Nei primi giorni di agosto, la Liguria viene però interessata da una serie di fenomeni temporaleschi forti con cumulate giornaliere anche molto elevate nel levante e forti raffiche di vento. La seconda decade del mese è caratterizzata ancora da condizioni di caldo estivo associato a sporadici temporali, solo localmente fino a moderati nelle zone interne della regione.

A fine agosto si assiste ad un peggioramento, con il temporaneo instaurarsi di caratteristiche quasi autunnali: nel dettaglio, tra il 29 ed il 30 agosto, un intenso flusso da SE apporta temporali, rovesci e trombe d'aria, accompagnate da un mare vivo con onde sciroccali; a seguire una forte mareggiata di Libeccio che ha interessato in modo più marcato il Levante. Si segnala proprio a fine mese, un evento di trasporto di polveri di matrice Sahariano come si può osservare dalla figura a lato.



3.5.8 La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/G (03/09/2020 ÷ 08/10/2020)

La campagna si apre con condizioni di bel tempo e temperature che mostrano una nuova anomalia termica positiva: solo intorno al giorno 7 si assiste ad un rapido peggioramento che interessa il nord ed anche la Liguria, dovuto al transito di un fronte proveniente da Nord-ovest. Questa fase di maltempo con rovesci temporaleschi è seguita da una nuova rimonta anticiclonica e condizioni di tempo più stabile e soleggiato, con temperature elevate fino alla seconda decade. In concomitanza con l'ingresso nell'autunno astronomico, inizia una fase di maltempo con forti temporali e intensi fenomeni meteomarini sulle coste del levante ligure, seguita da un crollo delle temperature con valori ampiamente sotto quelli climatologici. Il quadro sinottico, nel corso della seconda parte di settembre vede infatti lo spostamento della struttura anticiclonica che aveva caratterizzato la prima parte del mese, verso latitudini più elevate.

Dopo una temporanea pausa con tempo sostanzialmente buono negli ultimi giorni di settembre, lo scenario sinottico di inizio ottobre torna ad essere dominato da condizioni perturbate: un'estesa zona depressionaria atlantica copre tutta l'Europa, con minimi sull'Europa continentale che creano condizioni perturbate anche nell'area mediterranea. L'Italia è investita da un flusso sudoccidentale atlantico preceduto da una componente meridionale responsabile di eventi alluvionali sul NordOvest Italiano e la Costa Azzurra a inizio mese (2-3 ottobre) e fenomeni meteomarini molto intensi tra Liguria e alta Toscana.

3.5.9 La situazione meteo nel corso della campagna P34 20/H (08/10/2020 ÷ 10/11/2020)

Nel corso delle prime fasi della campagna si sono registrate le fasi più intense di una circolazione ciclonica che nei primi giorni di ottobre aveva dato vita a forti precipitazioni; nel corso della seconda parte del mese l'area di bassa pressione diventa meno intensa, elevandosi di latitudine e posizionandosi sul nord-Ovest del continente. Questo lascia dunque spazio ad una fase meno perturbata.

Ma già intorno al 23 del mese un nuovo passaggio frontale porta forti temporali e venti intensi su un po' tutta la regione. Il flusso zonale caratterizza poi l'ultima settimana del mese favorendo l'entrata di nuovi sistemi frontali: intorno al 26 il maltempo ha il suo culmine con forte instabilità associata ad intense precipitazioni temporalesche e mari fino a molto mosso/agitato.

Con l'inizio di novembre si assiste ad una svolta più stabile rispetto al mese precedente anche se la fase iniziale non è delle migliori: clima autunnale con cielo grigio e uggioso durante tutta la prima settimana con valori cumulati comunque molto contenuti.

Ad inizio della seconda settimana si assiste ad un miglioramento legato a venti orientali continentali più secchi ed una rimonta anticiclonica che dà vita ad un tempo più soleggiato e mite proprio in concomitanza con l'estate di San Martino.

4. MOVIMENTAZIONE CARBONE E OPERATIVITÀ DELLA CENTRALE ENEL

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

Nei paragrafi 4.1 -4.3 sono riportati i dati relativi rispettivamente allo scarico, giacenza e movimentazione carbone e nel paragrafo 4.4 quelli relativi al funzionamento e alle emissioni prodotte, rappresentati in forma grafica, sia per la **P34 20/1** che per la **P34 20/2**.

4.1 Scarico navi

Durante lo svolgimento sia della campagna estiva **P34 20/1** (24/06/20 - 30/07/19) che di quella invernale **P34 20/2** (10/11/20 ÷ 11/12/20) non è stato scaricato carbone.

Nella tabella successiva è riportato il calendario di operatività delle navi carboniere del periodo 01/01/20 ÷ 31/12/20, con l'indicazione della quantità di carbone complessivamente scaricato nel 2020:

| Nave | Data inizio scarico | Data fine scarico | Carbone scaricato (t) |
|------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
| Alpha Hero | 01/01/2020 | 07/01/2020 | 13215 |
| SBI Conga | 26/05/2020 | 19/06/2020 | 67093 |

Tabella 12 - Calendario di operatività delle navi carboniere nell'anno 2020.

Durante tutto l'anno è stato scaricato carbone per un totale di 80308 t: l'attività di scarico si è sviluppata in 25 giorni su 365 giorni (circa 7% dell'anno), con una media giornaliera pari a 220 t/g. Considerando solo i 25 giorni di effettivo scarico, si ha una media di 3212 t per ogni giorno di scarico, valore inferiore a quello medio annuale degli anni precedenti.

Dato che sia durante la campagna estiva **P34 20/1** che invernale **P34 20/2** non è stato scaricato carbone, i periodi di monitoraggio sono rappresentativi della ridotta attività di scarico del carbone avvenuta negli ultimi anni.

4.2 Giacenze carbone

Come noto a partire dal luglio 2016 il carbonile di Val Fornola non è più operativo (si veda nota prot. ENEL PRO-26/09/2016-0032038): pertanto la movimentazione di carbone nel 2020 si è avuta soltanto verso e dal carbonile di Val Bosca.

Durante la campagna **P34 20/1** la giacenza del carbonile di **Val Bosca** non è variata attestandosi intorno a circa il 27% della capienza mentre durante la **20/2** è di poco variata in quanto la centrale è stata parzialmente in funzione:

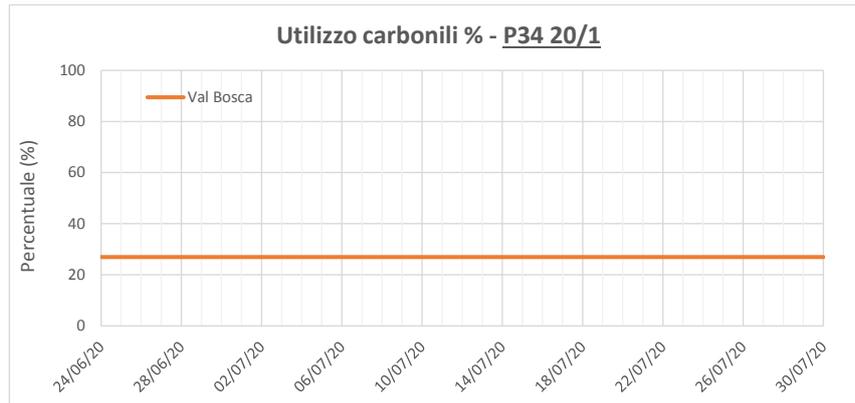


Figura 19 – Percentuale di utilizzo del carbonile durante la P34 20/1.

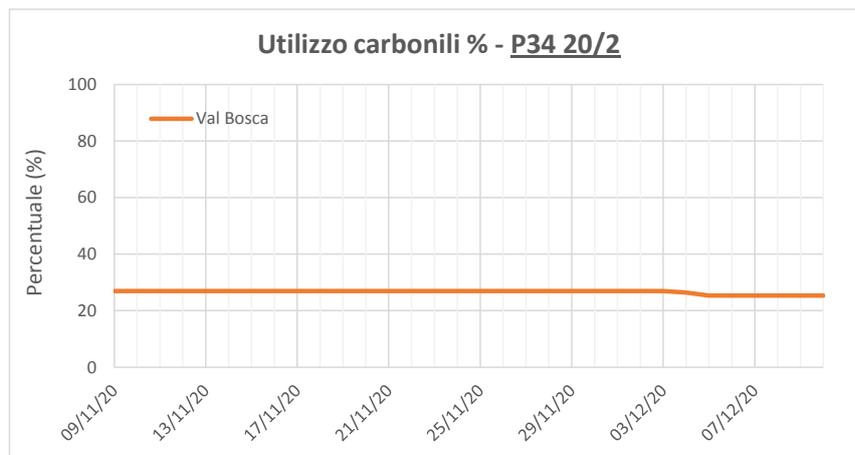


Figura 20 – Percentuale di utilizzo del carbonile durante la P34 20/2.

Nella figura seguente è riportato l'andamento delle giacenze di combustibile del carbonile di **Val Bosca** durante l'anno 2020:

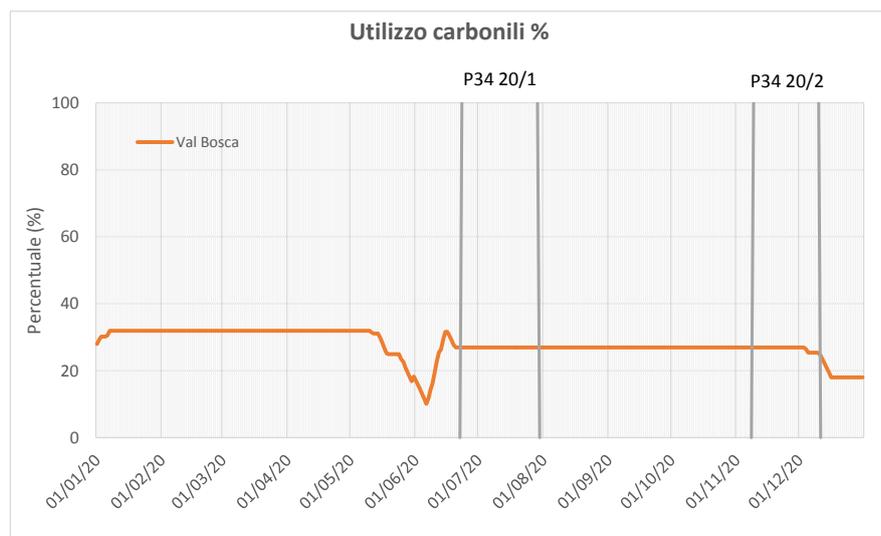


Figura 21 – Giacenze combustibile carbonile anno 2020.

Dalla figura si evince che i periodi delle due campagne sono stati caratterizzati da un valore di giacenza di combustibile nel carbonile basso e abbastanza costante nel corso dell'anno.

4.3 Movimentazione carbone

Dato che non c'è stato scarico di carbone in Banchina ENEL nelle due campagne della P34, nella figura che segue è rappresentata la movimentazione del carbone dal carbonile di **Val Bosca** alla Centrale nell'anno 2020 e la precipitazione giornaliera rilevata presso la postazione ARPAL del Comune della Spezia per tutto l'anno:

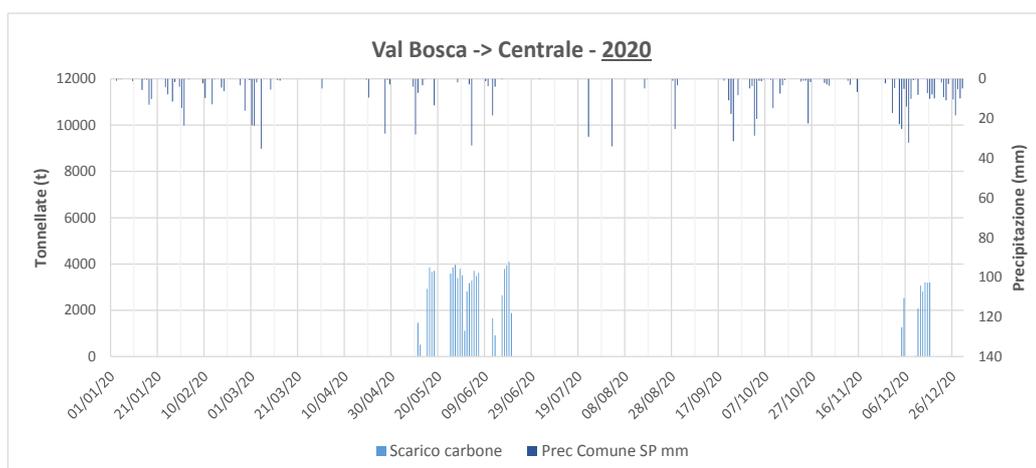


Figura 22 – Quantitativo giornaliero movimentato da Val Bosca a CTE durante il 2020.

Nella figura di seguito invece è rappresentato il quantitativo giornaliero totale di carbone scaricato nell'intero anno:

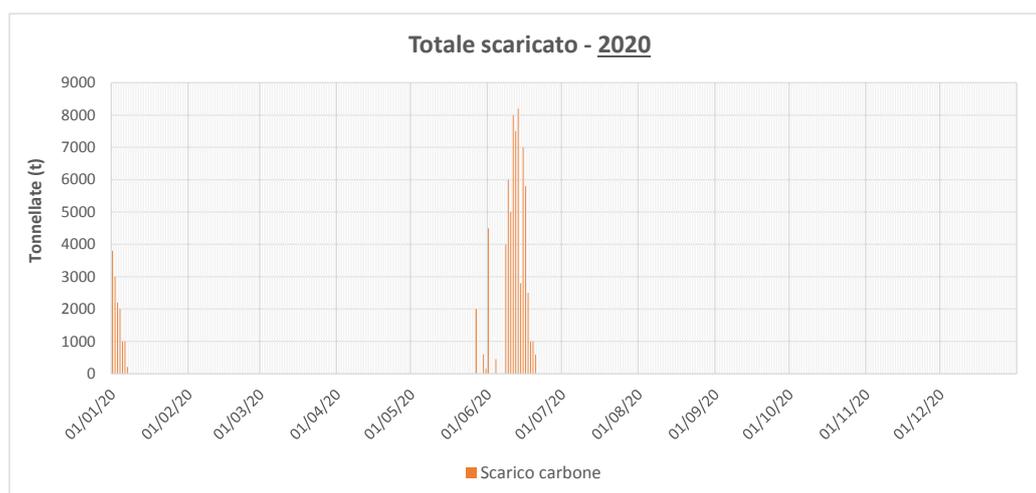


Figura 23 – Quantitativo giornaliero scaricato durante il 2020.

I grafici mettono in evidenza l'esiguo quantitativo di carbone scaricato e movimentato nel 2020 e la completa assenza di scarico in Banchina durante le due campagne (24/06-30/07 e 10/11-11/12).

4.4 Operatività della CTE

Durante il periodo di monitoraggio sono stati raccolti ed elaborati i principali dati di impianto legati al funzionamento e alle emissioni della centrale termoelettrica ENEL.

Nel seguito sono riportati in forma grafica, per le campagne di monitoraggio **P34 20/1**, **P34 20/2** i principali parametri caratteristici del gruppo SP3, con valori desunti dallo SDEE (database Scambio Dati Enti Esterni): potenza [MW], portata OCD [t/h], portata carbone [t/h], portata metano [Nm³/h], NO_x [mg/Nm³], SO₂ [mg/Nm³], CO [mg/Nm³] e polveri [mg/Nm³].

Il Gestore aveva anticipato per il gruppo SP3 l'applicazione dei valori limiti di emissione prescritti dal quarto anno di validità dell'AIA a partire dal 1° Gennaio 2016 in adeguamento alla Direttiva Europea 2010/75/UE "IED" recepita in Italia con il D.Lgs. 4 marzo 2014 n.46, rispettando di fatto i valori limite più restrittivi di quelli previsti dalla IED e presenti nella nuova AIA DM 351 del 06/12/2019.

Pertanto i limiti di legge **giornalieri**, vigenti dal 01/01/2016, per le emissioni dei macroinquinanti per il gruppo SP3 validi fino al 17/08/2021 e indicati a pag 10 della AIA DM del 06/12/2019 sono i seguenti:

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

Durante la campagna estiva (**20/2**) il gruppo SP3 non ha mai funzionato. Pertanto l'andamento dei parametri caratteristici e dei macroinquinanti monitorati è stata riportata solo per la campagna invernale (**20/1**).

Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P34 20/2** (10/11-11/12), si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 300 MW e ha avuto dall'inizio della campagna un transitorio di avviamento il giorno 04/12 e uno di arresto il giorno 05/12 e un secondo di avviamento l'11/12 con arresto il 17/12 riportati in Tabella 13:

| Transitori | |
|--------------------|--------------------|
| dalle | alle |
| 04/12/2020 – 11:00 | 05/12/2020 – 00:00 |
| 11/12/2020 – 04:00 | 17/12/2018 – 00:00 |

Tabella 13– Periodi transitori nella campagna P29 20/4.

L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P34 20/2** sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro NO_x è 106 mg/Nm³, del parametro SO₂ è 91 mg/Nm³, del parametro polveri è 5 mg/Nm³ e del parametro CO è 12 mg/Nm³.

Si riportano di seguito gli andamenti dei parametri caratteristici monitorati:

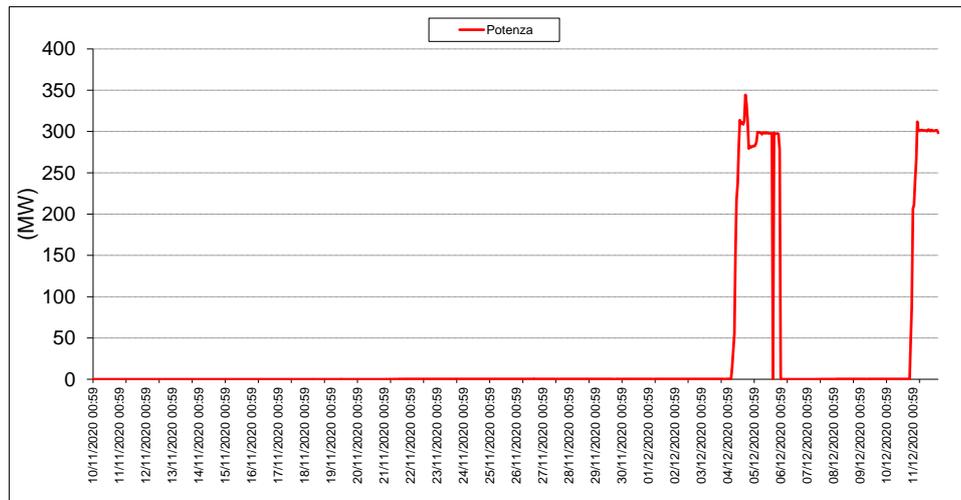


Figura 24- Potenza generata dalla CTE durante la campagna P34 20/2.

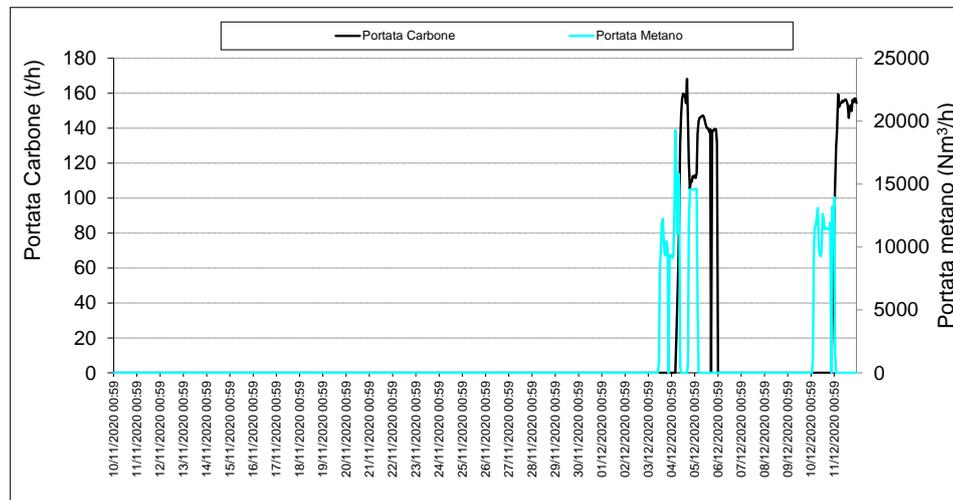


Figura 25- Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P34 20/2.

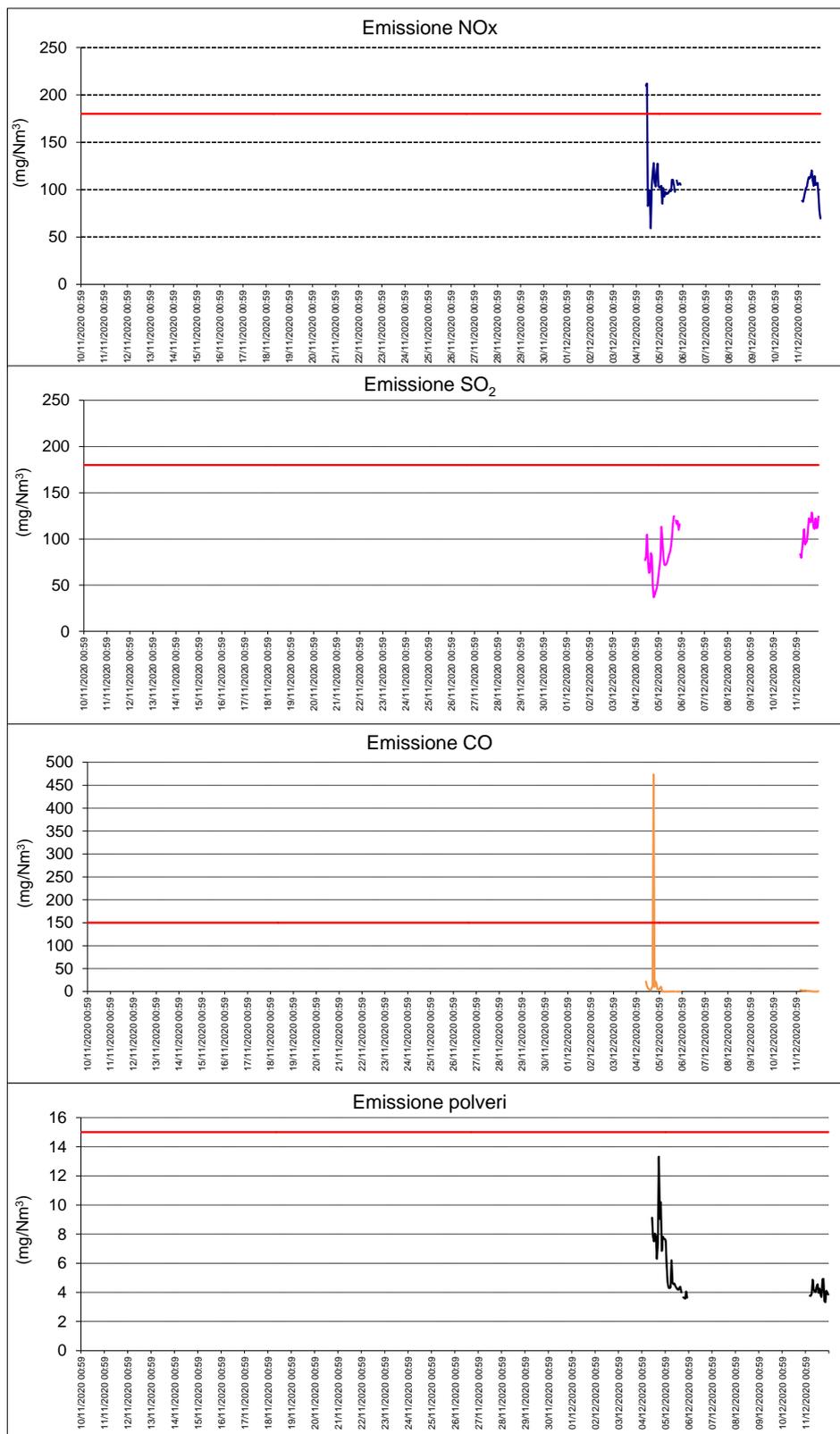


Figura 26- Emissioni di inquinanti dalla CTE nella campagna P34 20/2.

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

Tenendo in considerazione i periodi di fermo impianto verificatosi, si è ritenuto opportuno procedere a richiedere alla ENEL Produzione S.p.A. il valore delle massiche dei macroinquinanti emessi durante le campagne di monitoraggio (vedi Tabella 14 dove è riportata solo la campagna in cui la CTE ha funzionato): è infatti possibile che, se il gruppo SP3 non avesse subito un fermo impianto, avrebbe emesso un differente quantitativo di massiche di polvere.

| | Ore | CO [t] | SO ₂ [t] | NOx [t] | Polvere [t] |
|--------------------------------|-----|--------|---------------------|---------|-------------|
| Massiche normale funzionamento | 56 | 1,84 | 6,57 | 10,74 | 0,42 |
| Massiche in transitorio | - | 3,11 | 0,69 | 5,32 | 0,17 |
| Totale periodo | - | 4,95 | 7,26 | 16,06 | 0,59 |

Tabella 14 – Valori massici durante la campagna P34 20/2.

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

Ne risulta che a seguito dei periodi di fermo impianto, il decremento rispetto alle massiche teoriche per un funzionamento senza interruzioni è risultato essere circa del 8% per la **P34 20/2**.

Si è voluto allora valutare se l'operatività della centrale nel corso delle campagne fosse in linea con l'operatività tipica di un periodo di riferimento più esteso (anno 2020). Come evidenziato nella tabella che segue, l'impianto nel corso dell'anno 2020 è stato in esercizio solo per l'8% del tempo (29 giorni di funzionamento e 336 giorni di non funzionamento).

| Data inizio | Data fine |
|------------------|------------------|
| 11/05/2020 13:00 | 12/05/2020 08:00 |
| 15/05/2020 11:00 | 19/05/2020 07:00 |
| 25/05/2020 04:00 | 30/05/2020 23:00 |
| 31/05/2020 11:00 | 06/06/2020 23:00 |
| 12/06/2020 10:00 | 13/06/2020 09:00 |
| 16/06/2020 09:00 | 20/06/2020 11:00 |
| 04/12/2020 10:00 | 06/12/2020 00:00 |
| 11/12/2020 04:00 | 17/12/2020 00:00 |

Tabella 15 – Periodo di esercizio del gruppo SP3 nell'anno 2020.

Pertanto ne deriva che il gruppo SP3 durante la campagna **P34 20/1** non è entrato mai in funzione, mentre durante la campagna **P34 20/2** è risultato in linea con la percentuale di esercizio media dell'anno 2020.

5. RISULTATI DELLE CARATTERIZZAZIONI DELLE POLVERI

Le campagne del 2020, entrambe con assenza di scarico da parte di navi carboniere in Banchina e con la centrale operativa solo nella campagna invernale, sono state suddivise in due periodi di monitoraggio, di circa un mese ciascuno:

- Campagna estiva, indicata nel seguito come **P34 20/1**: dal 24/06 al 30/07,
- Campagna invernale, indicata nel seguito come **P34 20/2**: dal 10/11 al 11/12.

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

5.1 Ratei polveri sedimentabili e entità precipitazioni

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

| Postazione | Sigla | Data Inizio | Data Fine | Giorni esposizione | Rateo deposizione insolubile [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$] | Precipitazione raccolta [mm] |
|---|-------|-------------|------------|--------------------|--|------------------------------|
| Campagna estiva P34 20/1 (Centrale spenta – senza scarico del carbone) | | | | | | |
| Banchina ENEL | BE | 24/06/2020 | 30/07/2020 | 36 | 35 | 37 |
| Bypass | BY | 24/06/2020 | 30/07/2020 | 36 | 81 | 42 |
| Torre T4 | T4 | 24/06/2020 | 30/07/2020 | 36 | 23 | 42 |
| Torre T7 | T7 | 24/06/2020 | 30/07/2020 | 36 | 26 | 41 |
| Ravano | RA | 24/06/2020 | 30/07/2020 | 36 | 103 | 45 |
| Campagna invernale P34 20/2 (Centrale poco in esercizio – senza scarico del carbone) | | | | | | |
| Banchina ENEL | BE | 10/11/2020 | 11/12/2020 | 31 | 14 | 248 |
| Bypass | BY | 10/11/2020 | 11/12/2020 | 31 | 69 | 228 |
| Torre T4 | T4 | 10/11/2020 | 11/12/2020 | 31 | 26 | 249 |
| Torre T7 | T7 | 10/11/2020 | 11/12/2020 | 31 | 26 | 225 |
| Ravano | RA | 10/11/2020 | 11/12/2020 | 31 | 111 | 243 |

Tabella 16 – Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili e entità precipitazioni.

Nella campagna estiva (**20/1**) si sono avute scarse precipitazioni, mentre in quella invernale (**20/2**) le precipitazioni sono state abbondanti, comunque in linea con la climatologia tipica di entrambi i periodi.

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

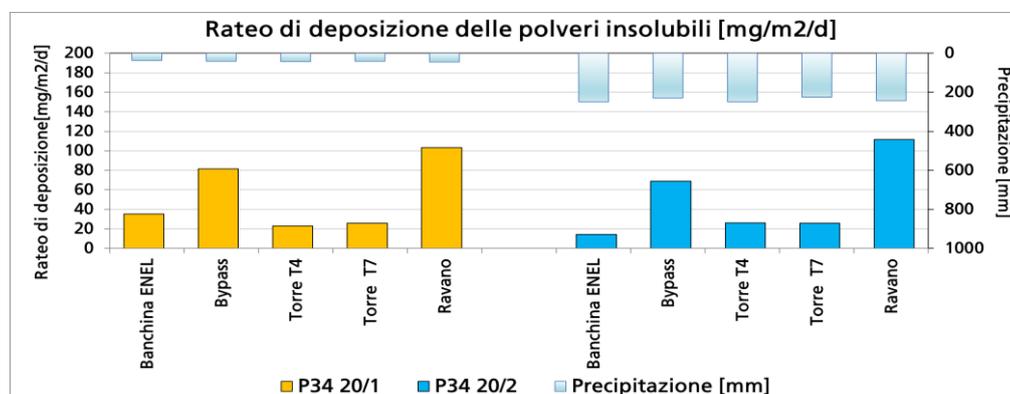


Figura 27 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili.

In tutte le postazioni, le deposizioni di polveri risultano abbastanza simili tra le due campagne di misura anche se le maggiori precipitazioni si sono registrate durante la campagna invernale (20/2). Le massime deposizioni relative di polveri si sono avute a Ravano e a Bypass, seppur inferiore allo scorso anno (vedi cap 6): ciò potrebbe essere dovuto ad una diminuzione generale sia delle attività produttive che della mobilità che ha comunque caratterizzato il periodo post lockdown. Il contesto delle deposizioni rimane comunque quantitativamente modesto (vedi paragrafo successivo), e a parte la postazione di Ravano nelle due campagne, tutte le altre non eccedono i 100 mg/m²/d.

5.1.1 Valutazione della entità della polverosità

I valori delle deposizioni di polveri riscontrati nell'area in esame nelle due campagne del 2020 sono rimasti compresi in un intervallo da 14 a 111 mg/m²/d. Sebbene i ratei misurati nel 2020 siano riferibili a pochi mesi, sono comunque indicativi di una modesta polverosità, come già rilevato nei precedenti monitoraggi (v. cap 6). L'intervallo di deposizioni riscontrato è infatti largamente inferiore al valore limite annuale adottato in Germania, pari a 350 mg/m²/d e tutti i valori si collocano anche al di sotto dei valori di riferimento più restrittivi adottati da alcune nazioni europee, che sono riportati di seguito:

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

Tabella 17 - Valori di riferimento europei per la deposizione annuali di polveri ⁹.

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:

⁹ Si veda anche G. Settimo "Evoluzione storica e normativa delle deposizioni atmosferiche e stato dell'arte nazionale", Seminario Depositioni atmosferiche, Brescia, 2014. Consultabile al sito: http://ita.arpalombardia.it/ITA/area_download/index

| 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 18 - Classi di Polverosità in funzione del tasso di deposizione ⁹.

Secondo gli indici di polverosità della Tabella 18, una valutazione conservativa della polverosità rilevata a Ravano fa propendere per un indice di “bassa” polverosità, mentre per le altre postazioni la polverosità è da considerarsi “praticamente assente”.

5.2 Metalli nelle deposizioni di polveri

5.2.1 Ratei di deposizione dei metalli

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione dei metalli determinati in accordo con quanto previsto dalla Prescrizione 34. 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 | P34 20/1 | 0,2 | 0,022 | 8 | 0,008 | 5 | 6 | 24 | 23 | 0,023 | 3 |
| Bypass | P34 20/1 | 0,5 | 0,104 | 34 | 0,019 | 17 | 14 | 94 | 73 | 0,033 | 8 |
| Torre T4 | P34 20/1 | 0,1 | 0,006 | 6 | 0,010 | 3 | 5 | 28 | 12 | 0,008 | 2 |
| Torre T7 | P34 20/1 | 0,1 | 0,024 | 5 | 0,010 | 2 | 5 | 6 | 11 | 0,009 | 2 |
| Ravano | P34 20/1 | 0,7 | 0,159 | 30 | 0,017 | 17 | 13 | 34 | 91 | 0,029 | 10 |
| Banchina ENEL | P34 20/2 | 0,4 | 0,00001 | 14 | 0,002 | 5 | 7 | 19 | 25 | 0,005 | 4 |
| Bypass | P34 20/2 | 0,4 | 0,032 | 22 | 0,002 | 9 | 12 | 37 | 44 | 0,005 | 7 |
| Torre T4 | P34 20/2 | 0,2 | 0,005 | 7 | 0,002 | 3 | 5 | 19 | 10 | 0,005 | 2 |
| Torre T7 | P34 20/2 | 0,2 | 0,005 | 5 | 0,002 | 2 | 3 | 5 | 11 | 0,005 | 2 |
| Ravano | P34 20/2 | 0,7 | 0,068 | 31 | 0,002 | 17 | 11 | 35 | 107 | 0,005 | 11 |

Tabella 19 - Ratei di deposizione di metalli nelle campagne. Valori in µg/m²/d.

Come visto per le polveri, le deposizioni della maggior parte dei metalli sono risultate abbastanza simili tra le due campagne eccetto che per Bypass in cui tutti i metalli hanno evidenziato ratei maggiori nella campagna estiva **20/1**; le figure seguenti riportano i ratei delle deposizioni dei metalli in ciascuna postazione:

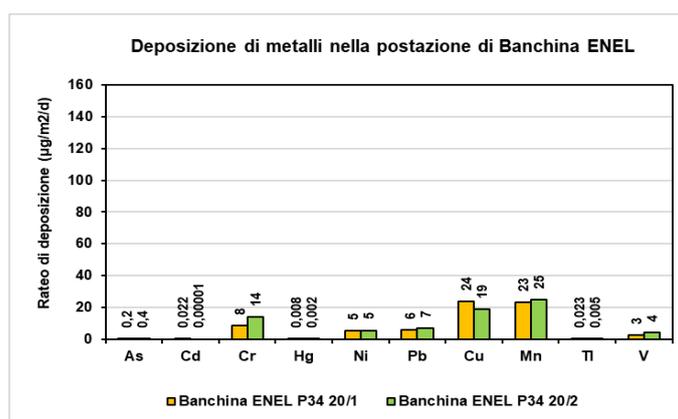


Figura 28 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Banchina Enel.

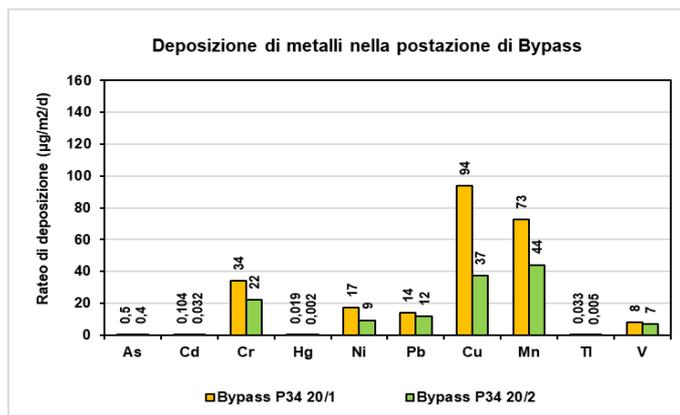


Figura 29- Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Bypass.

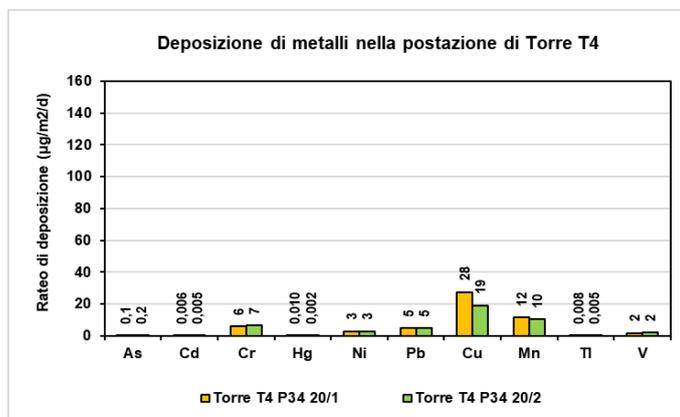


Figura 30 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Torre T4.

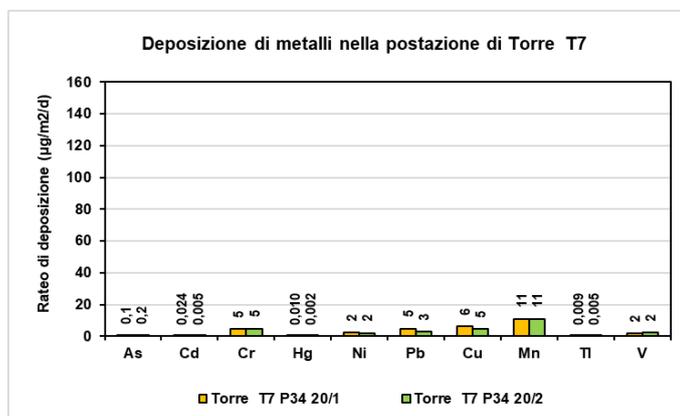


Figura 31 - Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Torre T7.

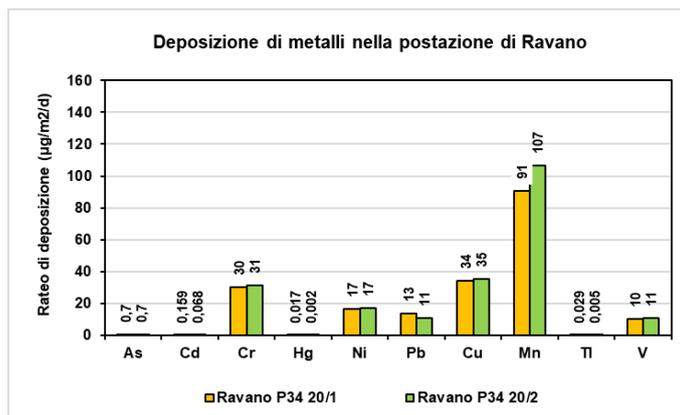
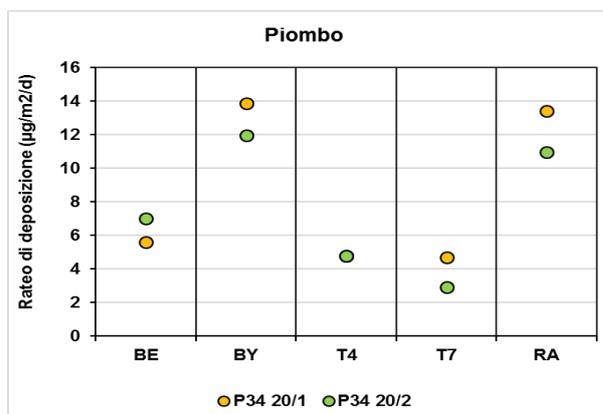
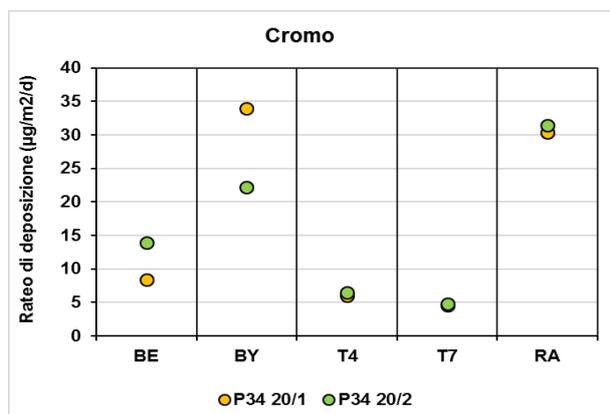
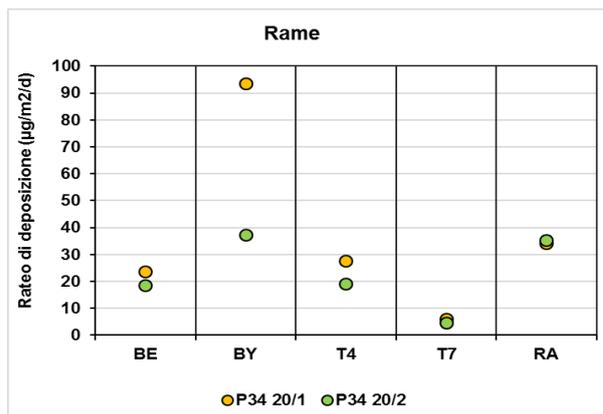
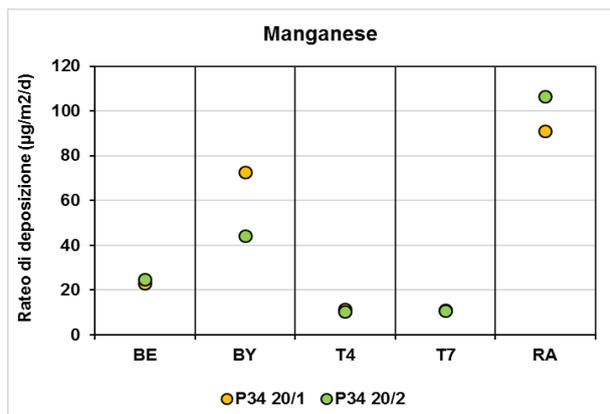


Figura 32- Ratei di deposizione dei metalli nella postazione di Ravano.

Nelle figure che seguono, i ratei di deposizione dei metalli **maggioritari** (Mn, Cu, Cr, Pb, Ni e V) nelle due campagne del 2020 sono ordinati lungo l'asse di movimentazione del carbone, partendo dal punto di scarico di Banchina Enel (BE) per proseguire verso la postazione di Bypass (BY), Torre T4 (T4) e infine Torre T7 (T7). La postazione di Ravano (RA), più lontana dall'asse di movimentazione del carbone, è stata collocata in fondo alle figure.



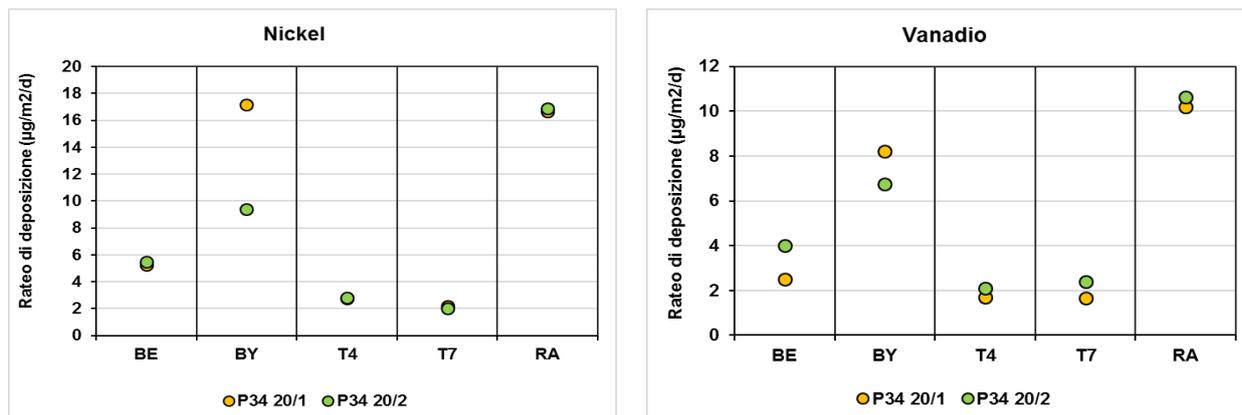
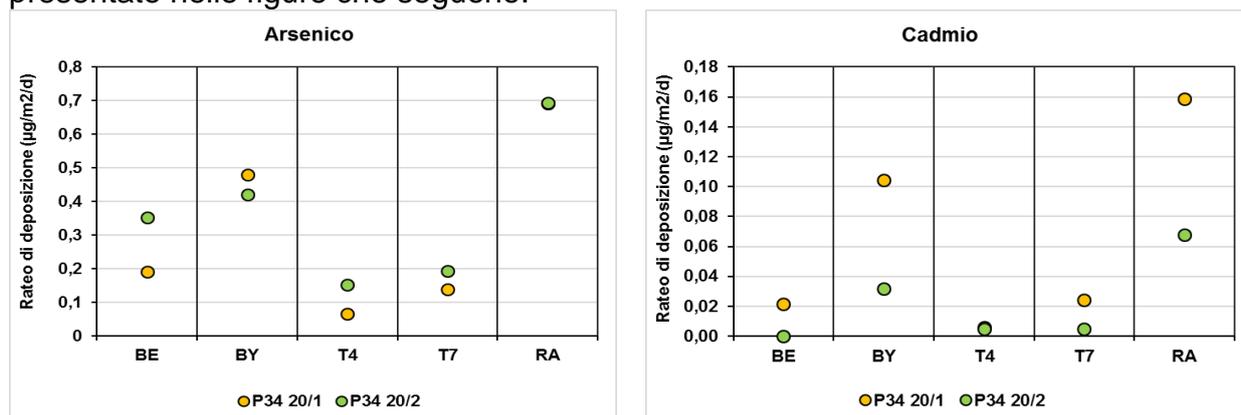


Figura 33 - Ratei di deposizione dei metalli maggioritari nelle postazioni ordinati lungo l'asse di movimentazione del carbone. Per le abbreviazioni delle postazioni si veda Tabella 16.

L'andamento generale è quello di una diminuzione delle deposizioni di metalli allontanandosi dalla linea di costa (postazione di Bypass) in direzione di Torre T7, come già rilevato negli anni precedenti. La postazione di Banchina Enel (BE nelle figure) ha avuto quasi sempre deposizioni di metalli inferiori a quelle di Bypass. Le deposizioni della postazione di Ravano sono risultate paragonabili e a volte maggiori di quelle di Bypass; queste due postazioni hanno evidenziato, come per le polveri, i ratei dei metalli più elevati. Si conferma quindi che le postazioni che gravitano in prossimità dell'area di costa hanno deposizioni simili e più influenzate dalla viabilità e dalle emissioni navali. Infatti, l'andamento delle deposizioni di rame riflette quasi sicuramente le influenze dovute alle emissioni dagli organi meccanici dei veicoli a motore, decrescendo dalla postazione di Bypass a quella di T7. Un andamento simile si riscontra per i metalli vanadio e nickel, presenti nelle emissioni navali, a sottolineare anche per questi monitoraggi, l'influenza del porto commerciale.

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



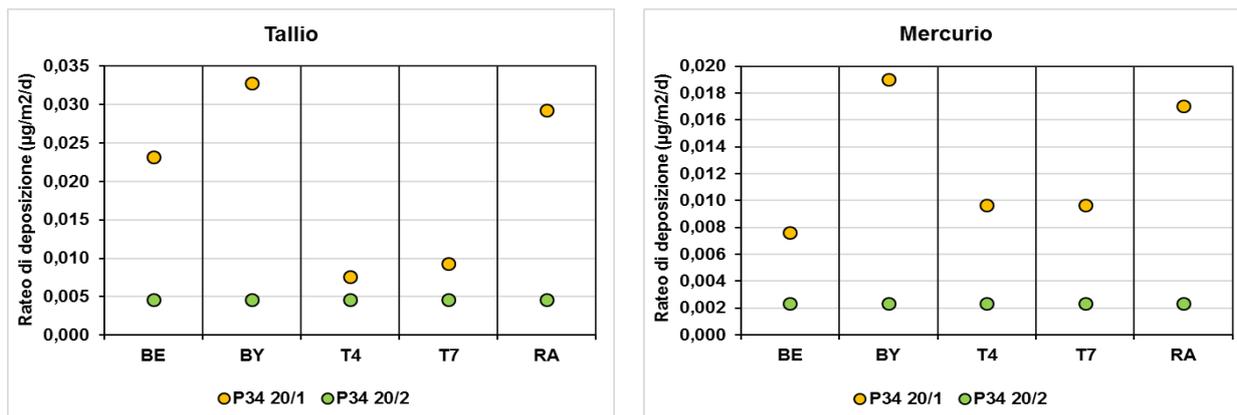


Figura 34- Ratei di deposizione dei metalli minoritari nelle postazioni ordinati lungo l'asse di movimentazione del carbone, escluso Ravano (RA). Per le abbreviazioni delle postazioni si veda Tabella 16.

Data l'esiguità della entità delle deposizioni di As, Cd, Tl e Hg, i ratei risultano in realtà abbastanza confrontabili in tutte le postazioni e lievemente superiori in estate per Tl e Hg.

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

5.2.1.1 Confronto rateo deposizioni di metalli con valori di riferimento

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

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

Tabella 20 - Ratei di deposizioni di As, Cd e Ni in aree europee omogenee per tipologia.

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

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

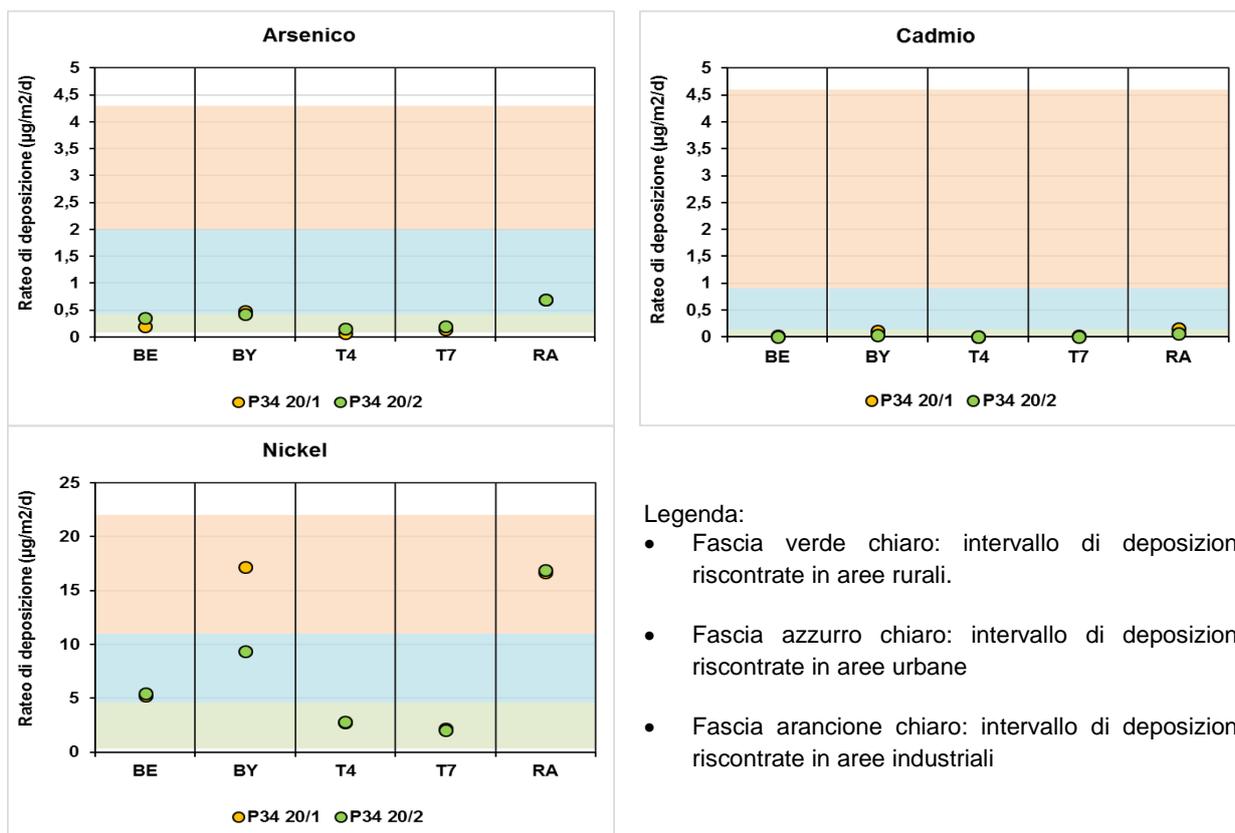


Figura 35 – Ratei di deposizione di As, Cd e Ni alla Spezia, confrontati con gli intervalli riscontrabili in aree rurali ed urbane europee.

I ratei di deposizione di **As** e **Cd** riscontrati alla Spezia non hanno mai ecceduto quelli tipici delle aree urbane. Per quanto riguarda le deposizioni di **Ni**, i ratei sono rimasti normalmente compresi in quelli tipici delle aree rurali nelle postazioni di T4 e T7 e in quelli delle aree urbane e industriali nelle postazioni vicino alla costa. Inoltre, i ratei più elevati sono risultati a Bypass nella campagna estiva **P34 20/1** e a Ravano in modo equivalente nelle due campagne.

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

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

Tabella 21 - Valori guida europei di alcuni metalli nelle deposizioni atmosferiche¹⁰.

Prendendo come riferimento i valori guida della Germania (in quanto comprendono molti dei metalli analizzati nelle deposizioni di Spezia) e considerando ai fini di confronto

¹⁰ 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

il **valore massimo** delle deposizioni rilevato nelle differenti postazioni (v. successiva Tabella 22), si può osservare che i ratei riscontrati alla Spezia sono di gran lunga inferiori rispetto a quelli della Germania.

| Postazione | 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] |
|----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Banchina Enel | 0,4 | 0,02 | 5 | 7 | 0,008 | 0,023 |
| Bypass | 0,5 | 0,10 | 17 | 14 | 0,019 | 0,033 |
| Torre T4 | 0,2 | 0,01 | 3 | 5 | 0,010 | 0,008 |
| Torre T7 | 0,2 | 0,02 | 2 | 5 | 0,010 | 0,009 |
| Ravano | 0,7 | 0,16 | 17 | 13 | 0,017 | 0,029 |
| Germania | 4 | 2 | 15 | 100 | 1 | 2 |

Tabella 22 - Valori massimi delle deposizioni di alcuni metalli nelle campagne di monitoraggio del 2020.

Per quanto riguarda il Ni, risulta che i valori massimi riscontrati superano il valore guida tedesco per le postazioni di Bypass e Ravano. Va però ricordato che i valori guida si riferiscono a medie annuali mentre i valori riportati in Tabella 22 si riferiscono alla massima deposizione riscontrata nelle campagne. Se si considerano i valori medi delle due campagne si ottiene per **Bypass** una deposizione media inferiore e per **Ravano** di poco superiore ai valori guida tedeschi.

5.2.2 Concentrazioni dei metalli nelle polveri depositate

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

| Postazione | Campagna | As | Cd | Cr | Hg | Ni | Pb | Cu | Mn | Tl | V |
|---------------|----------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|
| Banchina ENEL | P34 20/1 | 5,4 | 0,6 | 240 | 0,22 | 150 | 160 | 674 | 660 | 0,7 | 5,4 |
| Bypass | P34 20/1 | 5,9 | 1,3 | 418 | 0,23 | 211 | 170 | 1151 | 894 | 0,4 | 5,9 |
| Torre T4 | P34 20/1 | 2,9 | 0,2 | 259 | 0,42 | 119 | 208 | 1201 | 501 | 0,3 | 2,9 |
| Torre T7 | P34 20/1 | 5,3 | 0,9 | 178 | 0,37 | 85 | 181 | 239 | 427 | 0,4 | 5,3 |
| Ravano | P34 20/1 | 6,7 | 1,5 | 293 | 0,16 | 161 | 130 | 332 | 880 | 0,3 | 6,7 |
| Banchina ENEL | P34 20/2 | 24,6 | 0,0 | 978 | 0,16 | 384 | 493 | 1299 | 1730 | 0,3 | 24,6 |
| Bypass | P34 20/2 | 6,1 | 0,5 | 322 | 0,03 | 136 | 174 | 540 | 640 | 0,1 | 6,1 |
| Torre T4 | P34 20/2 | 5,9 | 0,2 | 250 | 0,09 | 107 | 183 | 733 | 399 | 0,2 | 5,9 |
| Torre T7 | P34 20/2 | 7,4 | 0,2 | 184 | 0,09 | 79 | 112 | 175 | 421 | 0,2 | 7,4 |
| Ravano | P34 20/2 | 6,2 | 0,6 | 282 | 0,02 | 151 | 99 | 317 | 956 | 0,04 | 6,2 |

Tabella 23 – Concentrazioni dei metalli nelle polveri depositate. Valori in µg/g.

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

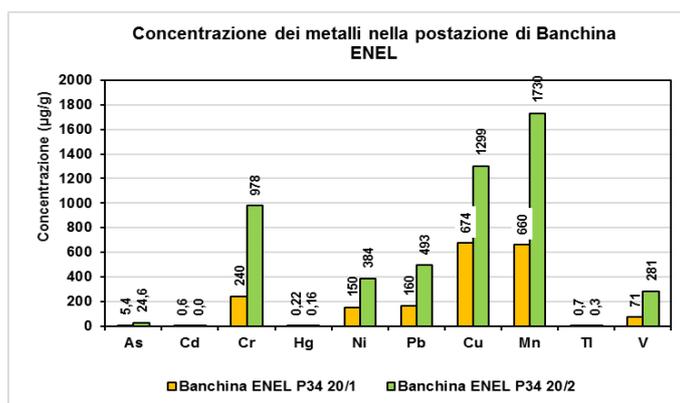


Figura 36 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni di Banchina ENEL.

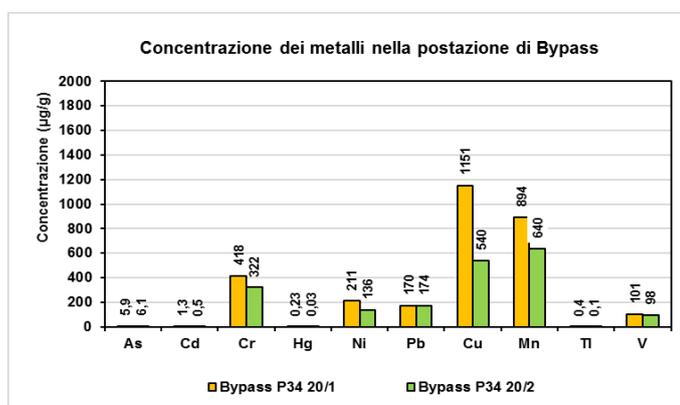


Figura 37 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Bypass.

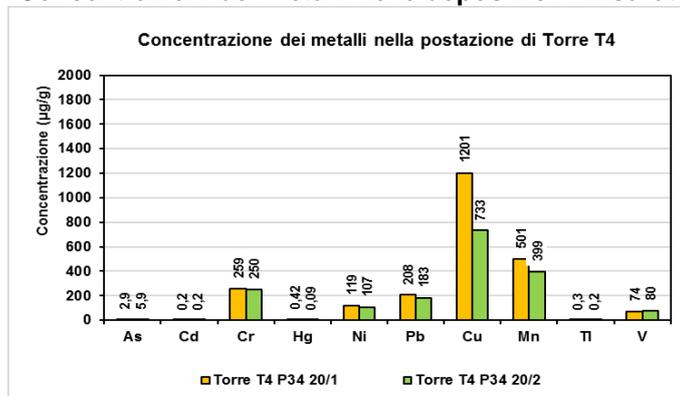


Figura 38 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Torre T4.

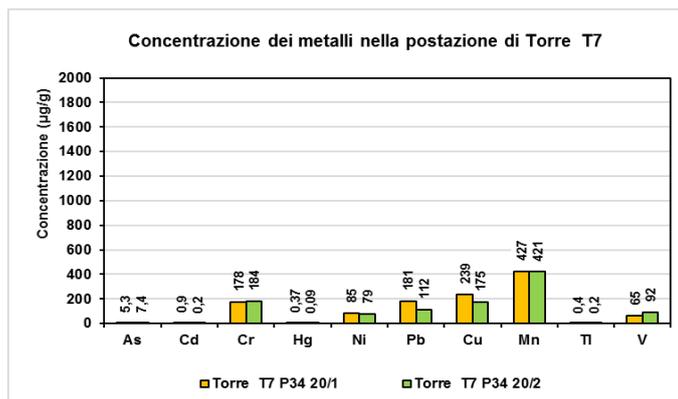


Figura 39 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Torre T7.

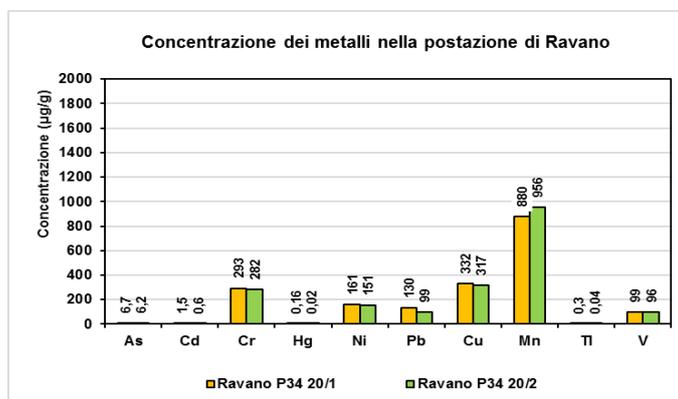


Figura 40 - Concentrazioni dei metalli nelle deposizioni misurate a Ravano.

Le due campagne si distinguono per i valori più elevati di concentrazione per tutti i metalli, tranne Tl, Hg e Cd, nelle polveri di Banchina ENEL nella campagna invernale **P34 20/2**, per effetto sicuramente del minor rateo di polveri registrato in questa postazione durante la campagna.

Nella campagna estiva **P34 20/1**, invece si sono registrate concentrazioni superiori di quasi tutti i metalli tranne As, Pb e V nella postazione di Bypass.

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

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

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

precursori gassosi [Jacobson et al., 2000; Kanakidou et al., 2005; Tsigaridis et al., 2006].

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

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

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

Nella tabella che segue sono riportati i valori di deposizione di polveri, carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC), quest'ultimo dato dalla somma di OC ed EC. Tutti i valori sono espressi in mg/m²/d.

| Postazione | Campagna | Polveri | OC | EC | TC |
|---------------|----------|---------|------|-----|------|
| Banchina ENEL | P34 20/1 | 35 | 4,9 | 1,2 | 6,2 |
| Bypass | P34 20/1 | 81 | 12,5 | 1,6 | 14,1 |
| Torre T4 | P34 20/1 | 23 | 6,0 | 1,0 | 7,0 |
| Torre T7 | P34 20/1 | 26 | 3,6 | 1,3 | 4,9 |
| Ravano | P34 20/1 | 103 | 12,3 | 2,4 | 14,7 |
| Banchina ENEL | P34 20/2 | 14 | 5,5 | 1,0 | 6,5 |
| Bypass | P34 20/2 | 69 | 11,8 | 2,2 | 14,1 |
| Torre T4 | P34 20/2 | 26 | 4,7 | 0,7 | 5,4 |
| Torre T7 | P34 20/2 | 26 | 4,0 | 0,6 | 4,6 |
| Ravano | P34 20/2 | 111 | 13,0 | 2,9 | 15,9 |

Tabella 24 - Deposizione di polveri, carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC). Valori in mg/m²/d.

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

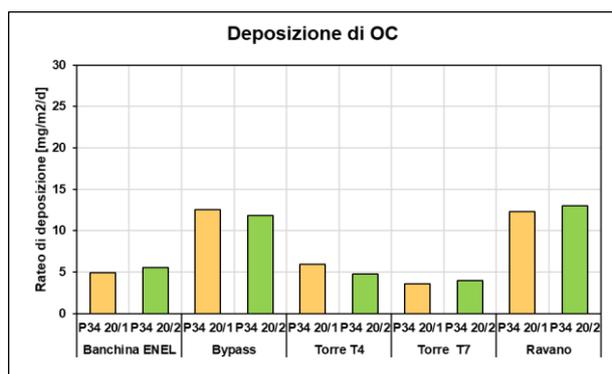


Figura 41 - Andamento delle deposizioni di OC nelle campagne P34 20/1 e 20/2.

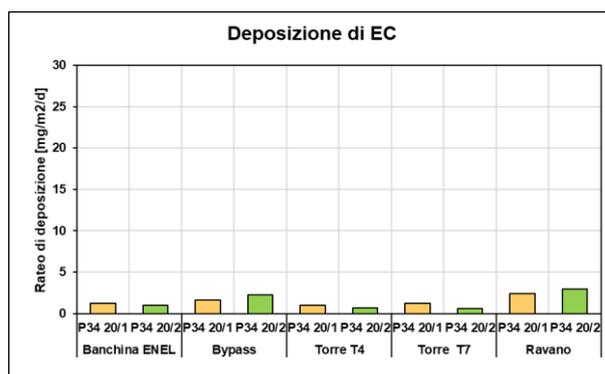


Figura 42 - Andamento delle deposizioni di EC nelle campagne P34 20/1 e 20/2.

Le deposizioni di carbonio organico OC e di carbonio elementare EC sono risultate confrontabili in tutte le postazioni, abbastanza in linea con le deposizioni di polveri.

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

| Postazione | Campagna | OC/EC |
|---------------|----------|-------|
| Banchina Enel | P34 20/1 | 3,9 |
| | P34 20/2 | 5,6 |
| Bypass | P34 20/1 | 7,7 |
| | P34 20/2 | 5,3 |
| Torre T4 | P34 20/1 | 5,8 |
| | P34 20/2 | 6,9 |
| Torre T7 | P34 20/1 | 2,8 |
| | P34 20/2 | 6,7 |
| Ravano | P34 20/1 | 5,1 |
| | P34 20/2 | 4,4 |

Tabella 25 - Valori del rapporto OC/EC nelle deposizioni.

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

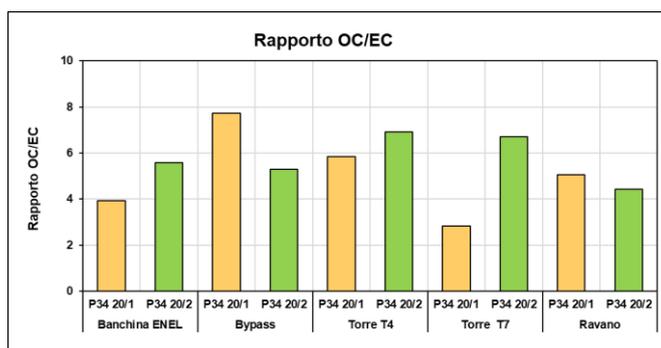


Figura 43 - Andamento del rapporto OC/EC nelle deposizioni.

Tra la campagna estiva P34 20/1 e quella invernale P34 20/2, i rapporti OC/EC sono aumentati in tutte le postazioni, eccetto che a Bypass dove è risultato maggiore in estate e a Ravano abbastanza simile tra le due campagne.

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

| Postazione | Campagna | Polveri | OC% | EC% | TC% |
|---------------|----------|---------|-----|-----|-----|
| Banchina ENEL | P34 20/1 | 35 | 14 | 4 | 18 |
| | P34 20/2 | 14 | 39 | 7 | 46 |
| Bypass | P34 20/1 | 81 | 15 | 2 | 17 |
| | P34 20/2 | 69 | 17 | 3 | 20 |
| Torre T4 | P34 20/1 | 23 | 26 | 4 | 30 |
| | P34 20/2 | 26 | 18 | 3 | 21 |
| Torre T7 | P34 20/1 | 26 | 14 | 5 | 19 |
| | P34 20/2 | 26 | 15 | 2 | 18 |
| Ravano | P34 20/1 | 103 | 12 | 2 | 14 |
| | P34 20/2 | 111 | 12 | 3 | 14 |

Tabella 26 – 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 14 e il 30% nella campagna estiva **P34 20/1** e tra il 14 ed il 46% nella campagna invernale **P34 20/2**. Le figure seguenti confrontano le % di OC e EC riscontrate nelle polveri depositate nelle campagne:

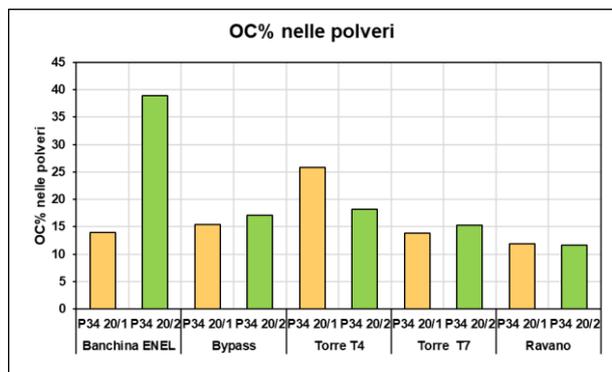


Figura 44 - Contenuto % di OC nelle polveri depositate nelle campagne

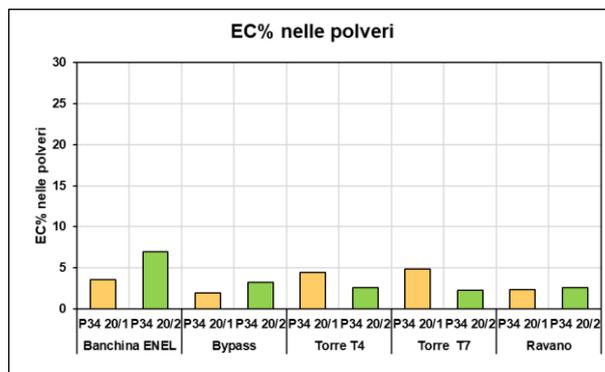


Figura 45 - Contenuto % di EC nelle polveri depositate nelle campagne

Dalle figure si nota una limitata differenza del contenuto % di OC ed EC tra le due campagne come per le polveri, ad eccezione di Banchina ENEL maggiore in inverno a fronte di un basso valore rateo di polvere misurato.

5.4 Caratterizzazione mediante SEM delle particelle depositate

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

Ai campioni del 2020 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 P34 20/1 | Campagna P34 20/2 |
|---------------|-------------------|-------------------|
| Banchina ENEL | < 0,1 | 0,2 |
| Bypass | < 0,1 | < 0,1 |
| Torre T4 | < 0,1 | 0,5 |
| Torre T7 | < 0,1 | < 0,1 |
| Ravano | < 0,1 | < 0,1 |

Tabella 27 - Percentuale stimata di particelle di carbone superficiali nei campioni di deposizione.

I risultati indicano che le quantità superiori al limite di rilevabilità di carbone si riscontrano solo nella campagna invernale **P34 20/2** a Banchina ENEL e Torre T4, confermando l'assenza completa di scarico di carbone in entrambe le campagne. I dati sempre molto bassi sono inferiori a quelli dell'anno precedente (v. cap 6).

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

5.5 Analisi dati rilevati dalla postazione fissa BYPASS annuale

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

5.5.1 Rateo di deposizione di polveri

In Tabella 28 sono riportate i ratei di deposizione della postazione fissa di Bypass per le campagne aggiuntive (evidenziate in grassetto) assieme alle campagne descritte in precedenza facenti parte della P34. Le attività di scarico del carbone in banchina si sono avute solo in due (**P18 19/L** e **P34 20/E**) delle undici campagne aggiuntive che hanno caratterizzato quasi l'intero anno di monitoraggio. Nella tabella sono anche riportate le tonnellate di carbone scaricato in Banchina per ciascuna campagna.

| Sigla | Data Inizio | Data Fine | Giorni esposizione | Precipitazione raccolta [mm] | Scarico carbone in banchina (t) | Rateo deposizione insolubile [mg/m ² /d] |
|---------------------------------------|-------------|------------|--------------------|------------------------------|---------------------------------|---|
| P18 19/L | 12/12/2019 | 13/01/2020 | 32 | 214 | 15725 | 39 |
| P34 20/A | 13/01/2020 | 13/02/2020 | 31 | 130 | 0 | 73 |
| P34 20/B | 13/02/2020 | 17/03/2020 | 33 | 185 | 0 | 307 |
| P34 20/C | 17/03/2020 | 21/04/2020 | 35 | 18 | 0 | 69 |
| P34 20/D | 21/04/2020 | 27/05/2020 | 36 | 107 | 0 | 116 |
| P34 20/E | 27/05/2020 | 24/06/2020 | 28 | 123 | 65093 | 108 |
| P34 20/1 | 24/06/2020 | 30/07/2020 | 36 | 42 | 0 | 81 |
| P34 20/F | 30/07/2020 | 03/09/2020 | 35 | 100 | 0 | 84 |
| P34 20/G | 03/09/2020 | 08/10/2020 | 35 | 201 | 0 | 68 |
| P34 20/H | 08/10/2020 | 10/11/2020 | 33 | 57 | 0 | 51 |
| P34 20/2 | 10/11/2020 | 11/12/2020 | 31 | 228 | 0 | 69 |
| Media del rateo di deposizione | | | | | | 97 |

Tabella 28 – Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili, quantità di carbone scaricato e entità delle precipitazioni a Bypass.

Il rateo di deposizione delle polveri a Bypass non risulta correlato con la movimentazione di carbone in Banchina ed è caratterizzato da un valore di fondo più elevato rispetto alle altre postazioni (v. anche Rapporto monitoraggio P14 2019¹¹). Il valore medio per il periodo di osservazione è risultato essere di 97 mg/m²/d e pertanto tale postazione si colloca nella classe di polverosità II ("bassa") della tabella redatta dal gruppo di lavoro della Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico del Ministero dell'Ambiente (vedi Tabella 18). I ratei di deposizione delle polveri insolubili misurati nelle campagne di monitoraggio a Bypass, sono riportati nella figura seguente. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle due campagne della Prescrizione 34, mentre quelli in rosso alle campagne integrative. È stata inclusa anche la precipitazione raccolta, in mm, con asse secondario invertito:

¹¹ "Report monitoraggio Prescrizione 14 2019" prot ARPAL n. 21494 del 06/08/2020.

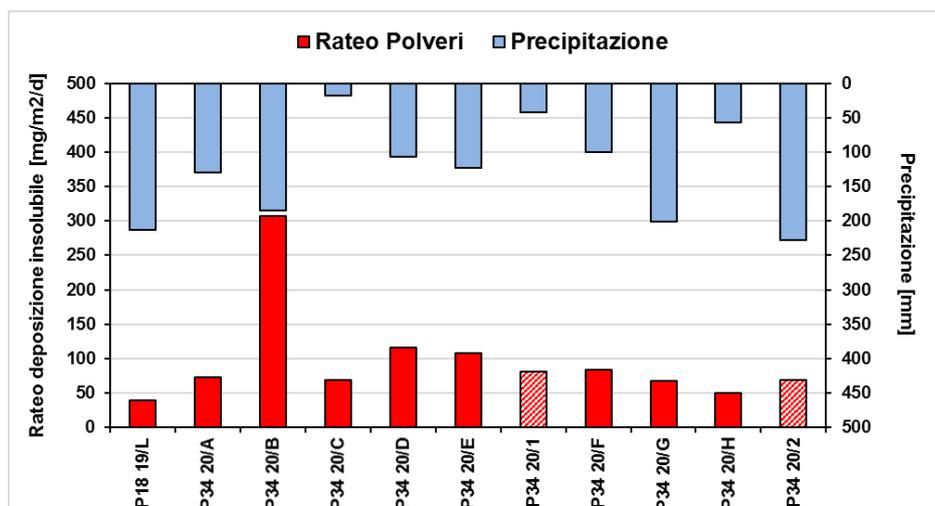


Figura 46 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili e precipitazione raccolta in mm nel corso dell'anno.

La figura evidenzia che i ratei di deposizione sono rimasti compresi tra circa 50 e circa 150 mg/m³/d, ad eccezione che per la seguente campagna:

- **P34 20/B** in cui si è avuto un rateo di 307 mg/m²/d, senza scarico carbone e con CTE ENEL non funzionante.

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

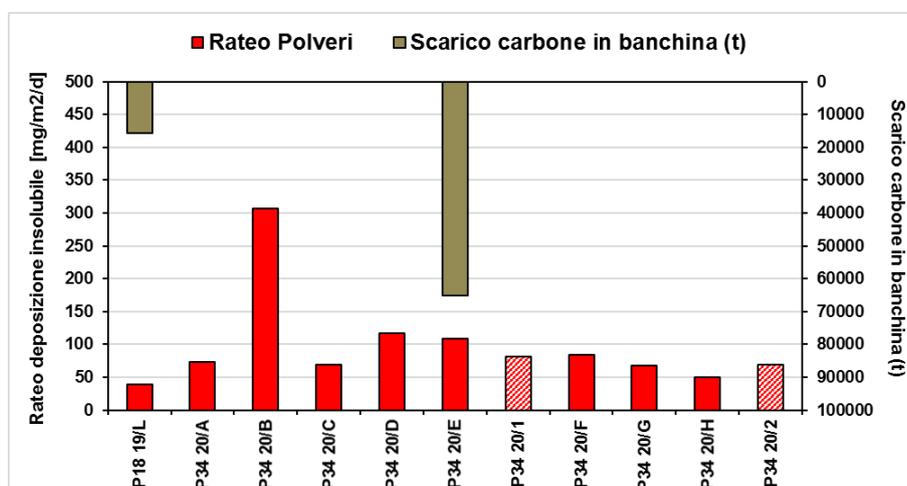


Figura 47 - Ratei di deposizione delle polveri e quantità di carbone scaricato in Banchina.

Come già evidenziato in precedenza, non si evidenzia alcuna correlazione tra rateo di deposizione delle polveri e quantità di carbone scaricato in Banchina. Infatti, si nota che nella campagna con rateo di deposizione più elevato ovvero la campagna **P34 20/B** non si sono avute attività di movimentazione del carbone. Le motivazioni che hanno portato a misurare un rateo così elevato non sono state identificate e si può ipotizzare che siano legate a qualche evento di trasporto/risollevamento locale di polvere.

Ad esclusione di quest'ultima, i ratei di deposizione delle polveri nelle campagne di campionamento senza scarico del carbone, sono confrontabili con quelli delle polveri nelle due campagne con scarico del carbone.

5.5.2 Contenuto di metalli

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione dei metalli determinati a Bypass nel corso del 2020, in accordo con quanto previsto dalla prescrizione 34. I ratei di deposizione sono espressi tutti in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$:

| Campagna | As | Cd | Hg | Tl | Cr | Ni | Pb | Cu | Mn | V |
|------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|----------|
| P18 19/L | 0,26 | 0,005 | 0,15 | 0,005 | 2 | 2 | 3 | 4 | 11 | 2 |
| P34 20/A | 0,35 | 0,005 | 0,26 | 0,005 | 6 | 5 | 8 | 9 | 31 | 4 |
| P34 20/B | 0,73 | 0,119 | 0,40 | 0,004 | 23 | 18 | 13 | 21 | 125 | 17 |
| P34 20/C | 0,29 | 0,004 | 0,002 | 0,004 | 4 | 4 | 3 | 6 | 26 | 2 |
| P34 20/D | 0,33 | 0,004 | 0,002 | 0,004 | 14 | 8 | 6 | 20 | 40 | 5 |
| P34 20/E | 0,01 | 0,005 | 0,003 | 0,005 | 5 | 3 | 3 | 10 | 14 | 2 |
| P34 20/1 | 0,48 | 0,104 | 0,02 | 0,033 | 34 | 17 | 14 | 94 | 73 | 8 |
| P34 20/F | 0,24 | 0,004 | 0,002 | 0,004 | 4 | 2 | 23 | 12 | 16 | 2 |
| P34 20/G | 0,12 | 0,004 | 0,14 | 0,004 | 11 | 5 | 7 | 21 | 28 | 3 |
| P34 20/H | 0,01 | 0,004 | 0,56 | 0,004 | 7 | 3 | 4 | 11 | 17 | 2 |
| P34 20/2 | 0,42 | 0,032 | 0,002 | 0,005 | 22 | 9 | 12 | 37 | 44 | 7 |
| Media | 0,30 | 0,026 | 0,139 | 0,007 | 12 | 7 | 9 | 22 | 39 | 5 |
| Valore guida Germania | 4 | 2 | 1 | 2 | - | 15 | 100 | - | - | - |

Tabella 29 – Ratei di deposizione di metalli del 2020 nella postazione di Bypass.

Si evidenzia che i ratei medi annuali dei metalli risultano ampiamente inferiori ai valori guida tedeschi. Si nota inoltre che la campagna con rateo maggiore di polvere **20/B** risulta anche caratterizzata da maggiori valori di rateo soprattutto di As, Mn, V a causa di qualche evento di trasporto/risollevamento locale di polvere non conosciuto.

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

| Campagna | As | Cd | Hg | Tl | Cr | Ni | Pb | Cu | Mn | V |
|----------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| P18 19/L | 6,7 | 0,1 | 3,81 | 0,12 | 58 | 64 | 86 | 113 | 293 | 44 |
| P34 20/A | 4,8 | 0,1 | 3,56 | 0,06 | 84 | 76 | 115 | 122 | 429 | 52 |
| P34 20/B | 2,4 | 0,4 | 1,30 | 0,01 | 75 | 60 | 42 | 68 | 408 | 56 |
| P34 20/C | 4,3 | 0,1 | 0,03 | 0,06 | 58 | 55 | 41 | 85 | 375 | 34 |
| P34 20/D | 2,9 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 120 | 65 | 49 | 168 | 345 | 43 |
| P34 20/E | 0,1 | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 46 | 30 | 27 | 91 | 133 | 15 |
| P34 20/1 | 5,9 | 1,3 | 0,23 | 0,40 | 418 | 211 | 170 | 1151 | 894 | 101 |
| P34 20/F | 2,9 | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 49 | 29 | 279 | 144 | 192 | 24 |
| P34 20/G | 1,8 | 0,1 | 2,01 | 0,06 | 158 | 71 | 98 | 313 | 413 | 49 |
| P34 20/H | 0,2 | 0,1 | 11 | 0,09 | 139 | 63 | 76 | 220 | 330 | 40 |
| P34 20/2 | 6,1 | 0,5 | 0,03 | 0,07 | 322 | 136 | 174 | 540 | 640 | 98 |

Tabella 30 – Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{g}$ dei metalli nelle polveri per le campagne di monitoraggio 2020.

Le figure che seguono riportano per Bypass l'andamento delle concentrazioni di metalli, in $\mu\text{g}/\text{g}$, presenti nelle polveri nell'anno. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della **P34 20/1** e **P34 20/2**:

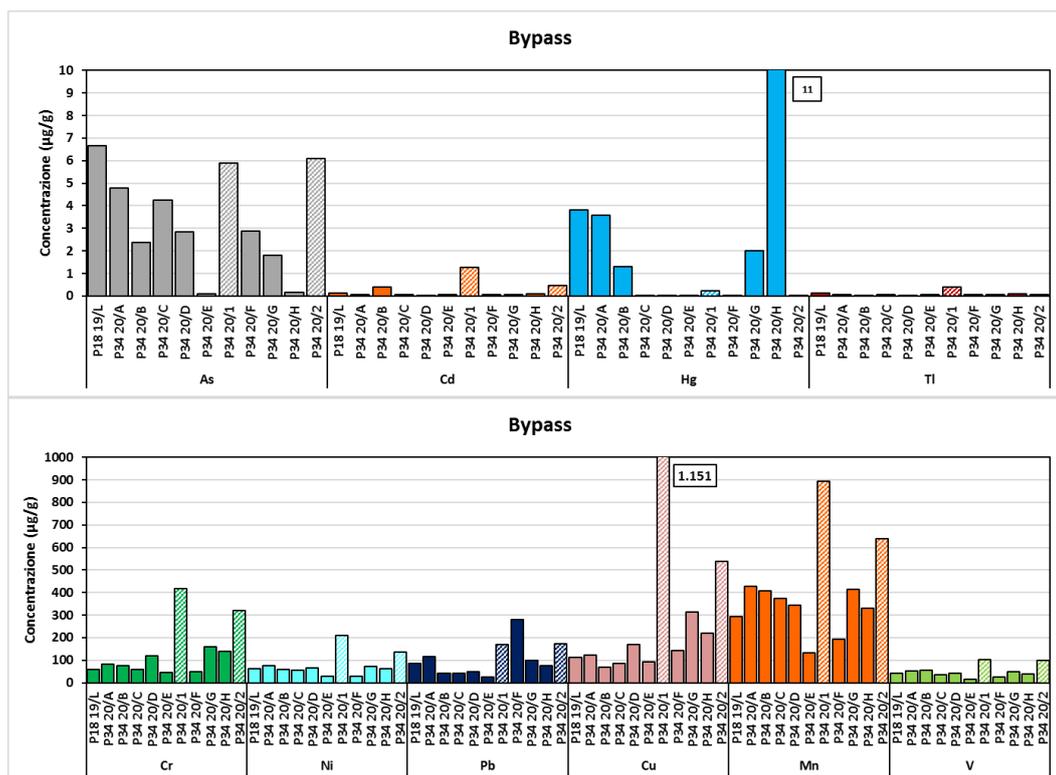


Figura 48 – Concentrazioni dei metalli a Bypass nel corso dell'anno.

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

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

5.5.3 Caratterizzazione mediante SEM

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

| Campagna | % carbone |
|-----------------|-----------|
| P18 19/L | 0,5 |
| P34 20/A | 2,4 |
| P34 20/B | < 0,1 |
| P34 20/C | 0,3 |
| P34 20/D | < 0,1 |
| P34 20/E | < 0,1 |
| P34 20/1 | < 0,1 |
| P34 20/F | < 0,1 |
| P34 20/G | nd |
| P34 20/H | < 0,1 |
| P34 20/2 | < 0,1 |

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

I risultati rappresentativi di tutto l'anno, evidenziano che la quantità di particelle di carbone rilevate nello strato superficiale delle deposizioni raccolte sul filtro solo in tre

campagne risultano superiori al limite di rilevabilità. 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.

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

6. SINTESI DEI RISULTATI DEL MONITORAGGIO FINO AL 2020

In questo paragrafo sono sinteticamente valutati i risultati delle campagne della prescrizione 34 (ex 18) effettuate dal 2014 al 2020 elencate nella successiva tabella. In particolare, sono stati analizzati gli andamenti riscontrati e valutati i risultati medi dei periodi di scarico e movimentazione di carbone a confronto con quelli in assenza di scarico e di funzionamento della CTE (campagna **P18 14/0** e **P34 20/1**). La campagna di bianco **P18 17/0** non è stata considerata nelle elaborazioni a causa della sua peculiarità meteorologica (descritta di seguito) e per tale motivo non è riportata nella Tabella 31.

| Campagne prescrizione 34 (ex 18) | | | | |
|----------------------------------|----------|------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Anno | Codifica | Data | Quantità carbone scaricato (t) | Note |
| 2014 | P18 14/0 | 24/05 – 15/06/14 | 0 | Campagna di "bianco" |
| 2014 | P18 14/1 | 06/08 – 08/09/14 | 182221 | Campagna di monitoraggio estiva |
| 2015 | P18 15/1 | 04/02 – 04/03/15 | 173912 | Campagna di monitoraggio invernale |
| 2015 | P18 15/2 | 23/07 – 02/09/15 | 151750 | Campagna di monitoraggio estiva |
| 2016 | P18 16/1 | 04/03 – 06/04/16 | 152886 | Campagna di monitoraggio invernale |
| 2016 | P18 16/2 | 17/07 – 24/08/16 | 177458 | Campagna di monitoraggio estiva |
| 2017 | P18 17/1 | 12/01 – 08/02/17 | 131392 | Campagna di monitoraggio invernale |
| 2017 | P18 17/2 | 29/06 – 01/08/17 | 64683 | Campagna di monitoraggio estiva |
| 2018 | P18 18/1 | 18/01 – 22/02/18 | 66000 | Campagna di monitoraggio invernale |
| 2018 | P18 18/2 | 28/06 – 01/08/18 | 45674 | Campagna di monitoraggio estiva |
| 2019 | P18 19/1 | 20/06 - 24/07/19 | 0 | Campagna di monitoraggio estiva |
| 2019 | P18 19/2 | 07/11 - 12/12/19 | 2600 | Campagna di monitoraggio invernale |
| 2020 | P34 20/1 | 24/06 - 30/07/20 | 0 | Campagna di "bianco" estiva |
| 2020 | P34 20/2 | 10/11 - 11/12/20 | 0 | Campagna di monitoraggio invernale |

Tabella 31 - Sintesi delle campagne della prescrizione 34 (ex 18).

Al riguardo delle campagne effettuate si riportano le seguenti osservazioni:

- nel complesso sono state condotte cinque campagne estive e cinque invernali di monitoraggio con la Centrale in funzionamento e con scarico di carbone;
- la campagna estiva **P18 19/1** e invernale **P34 20/2** senza scarico di carbone non sono state considerate una campagna di bianco, perché con Centrale parzialmente in funzione e quindi con movimentazione di carbone dal carbonile;
- la campagna **P18 14/0** è stata una campagna di bianco, a Centrale ferma e senza scarico di carbone, parzialmente anomala solo per la postazione di **Bypass**, in quanto erano in corso presso la banchina ENEL una serie di lavori di manutenzione; anche la campagna di bianco **P34 20/1** è stata considerata di bianco in quanto senza scarico di carbone e con CTE spenta;
- durante le campagne del **2015** si sono verificate presso la postazione di **Bypass**, modifiche della viabilità;
- le campagne del 2020 sono state effettuate durante l'emergenza COVID 19.

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

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

- Campagne con eventi anomali meteorologici e locali:
 - durante la estiva **P18 15/2** si sono verificate due eventi temporaleschi che hanno visto cadere oltre il 50% della pioggia del periodo: uno superiore ai 50 mm e l'altro prossimo ai 120 mm;
 - durante la **P18 17/1** si è verificato un evento di Saharan Dust di grandi proporzioni che, insieme a forte vento, ha determinato oltre a trasporto di sabbia, anche risollevarimento di elementi antropici/industriali (non è stata quindi raggruppata all'altra di bianco per calcoli ed elaborazioni medie);
 - durante la invernale **P18 19/2**, l'eccezionale quantità di precipitazioni ha costretto ad un cambio anticipato dei deposimetri, avvenuto in data 21/11/2019, e le deposizioni sono state sommate; inoltre nei giorni 10-11/11 e 23/11/2019 si sono avuti due eventi meteo di avvezione sahariana con significativa deposizione di sabbie;
 - durante la campagna invernale **P34 20/2** si sono registrate cumulate elevate su tutta l'area e condizioni di forte maltempo.
- Campagne con episodi di incendi:
 - durante la **P18 16/1**, il 23/03/2016 si è verificato un importante incendio di un edificio civile nei pressi della postazione di **Bypass**.

Relativamente alla postazione di Bypass, dal 2014 al 2015, il deposimetro è stato collocato a 6 metri da terra. Successivamente è stato ricollocato a livello del suolo, in analogia con gli altri deposimetri, e con punto di campionamento a 2 m da terra. I dati antecedenti il 2016 sono stati quindi ricalcolati con un opportuno fattore correttivo ricavato da misure in parallelo (par. 5.3 del Rapporto P14 2016¹²).

6.1 Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili

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

¹² "Report monitoraggio prescrizione 14 - anno 2016", Prot. ARPAL n.2778 del 26/01/2018.

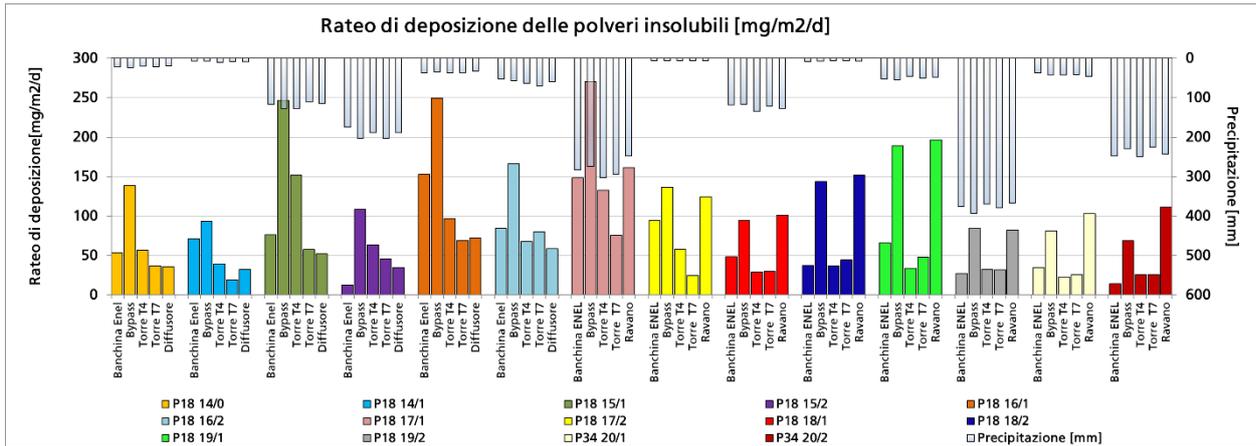


Figura 49 - Rateo di deposizione delle polveri insolubili delle campagne.

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

Salvo i ratei misurati nella postazione di Bypass, quasi sempre uguali o maggiori di 100 mg/m²/d, nelle altre postazioni si sono rilevati valori superiori a 100 mg/m²/d solo nelle campagne **P18 15/1** per Torre T4, **P18 16/1** per Banchina ENEL, **P18 17/1** per Banchina ENEL, Torre T4 e Ravano, nella **P18 17/2** per Ravano, nella **P18 18/2** e **P18 19/1** per Bypass e Ravano. Tutti i valori di deposizione rilevati si collocano comunque al di sotto dei valori di riferimento normalmente adottati da alcune nazioni europee (300 mg/m²/d, vedi Tabella 17).

Per quanto riguarda le campagne estive condotte con scarico di carbone i ratei sono rimasti abbastanza simili a quelli rilevati durante le campagne di bianco (**P18 14/0** e **P34 20/1**, estive) mentre in inverno i ratei sono stati complessivamente più elevati, come si coglie dalle figure sottostanti:

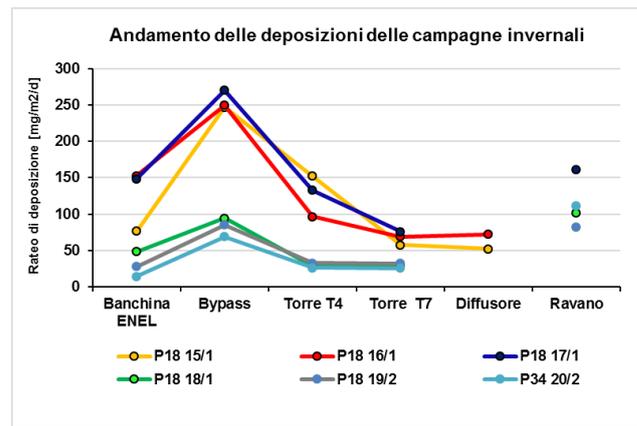
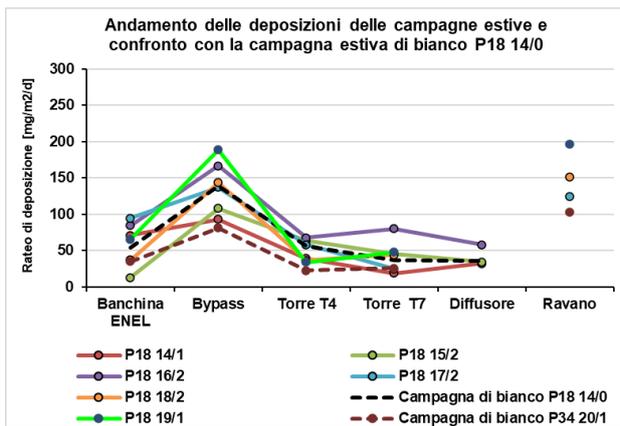


Figura 50 - Andamento delle deposizioni delle campagne estive e invernali e confronto con campagne di bianco estive P18 14/0 e P34 20/1.

Complessivamente, un fattore risultato abbastanza costante in tutte le campagne è stato la diminuzione dei ratei di polveri sedimentabili man mano che ci si allontana dalla

costa. Tale effetto risultava meno evidente per Diffusore, in quanto la relativa lontananza dall'asse viario e la schermatura della sua collocazione rispetto alle attività portuali di movimentazione merci hanno limitato la sua rappresentatività nella valutazione delle deposizioni costiere non influenzate dallo scarico del carbone. È stata pertanto ridefinita la collocazione della postazione non influenzata dallo scarico del carbone sostituendola, a partire dal 2017 con la postazione di Ravano, che ha presentato elevati tassi di deposizione, paragonabili a quelli di Bypass, probabilmente dovuti alle limitrofe attività portuali. Da notare che entrambe le postazioni presentano una sola campagna di bianco (**P18 14/0** per Diffusore e **P34 20/1** per Ravano).

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

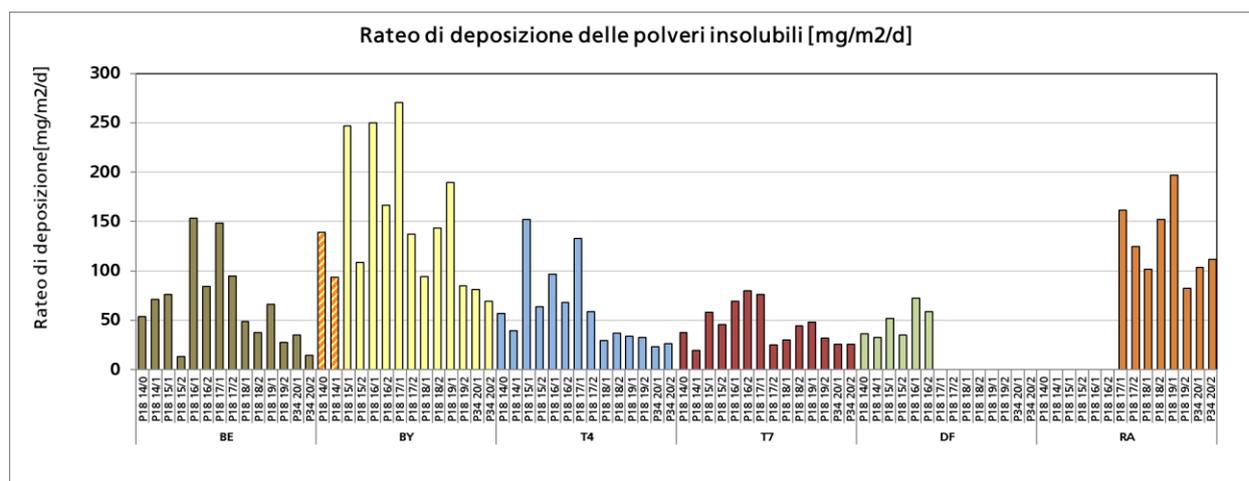


Figura 51 - Rateo di deposizione delle polveri insolubili delle campagne. Le barre tratteggiate indicano i valori di Bypass ricalcolati.

La figura precedente evidenzia meglio che, a parte qualche eccezione i ratei di deposizione nelle postazioni sono abbastanza confrontabili nelle campagne sin qui condotte. Tuttavia in generale si evidenzia una diminuzione dei ratei negli anni, soprattutto a Bypass, da sempre sito caratterizzato dai ratei di polveri più elevati.

Di seguito è confrontato il rateo di deposizione **medio** delle polveri misurate durante le campagne estive e invernali effettuate con movimentazione del carbone e le campagne di bianco **P18 14/0** e **P34 20/1**. Le barre di errore sovrapposte al valore medio relativo allo scarico del carbone indicano ± 1 deviazione standard rispetto alla misura.

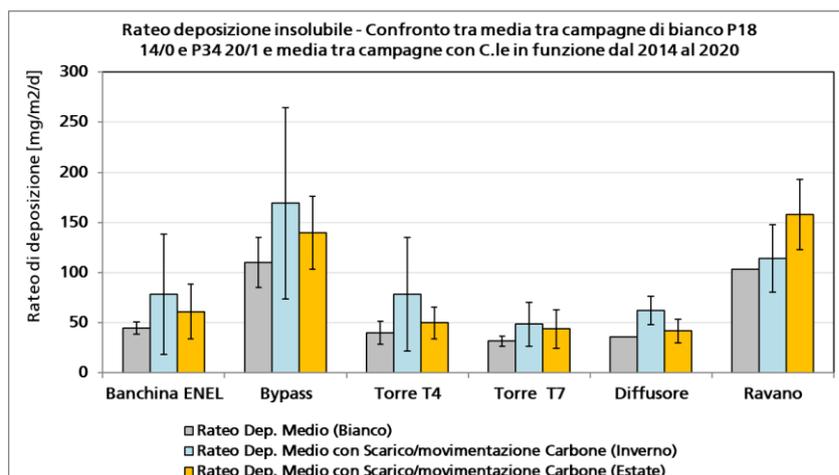


Figura 52 - Confronto rateo di deposizione medio delle polveri insolubili misurato durante le campagne di bianco estive (14/0 e 20/1) e nei periodi di scarico/movimentazione di carbone in estate e inverno.

Dall'istogramma precedente si può osservare che, a parte Ravano e Bypass, i valori medi estivi di deposizione di polveri durante lo scarico e movimentazione del carbone per tutte le postazioni sono prossimi a quelli delle campagne di bianco **estive**, mentre quelli invernali sono generalmente più elevati. Pur nella limitatezza nei dati, il valore estivo di Ravano è confrontabile con quello di Bypass, mentre quello invernale risulta mediamente inferiore. Si noti l'elevata variabilità dei ratei di Bypass in inverno evidente dall'elevata deviazione standard.

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

| Rateo di deposizione delle polveri e quantità di carbone scaricato | | | | | | | |
|--|-------------|---------------|--------|----------|----------|-----------|--------|
| Campagne | Carbone (t) | Banchina Enel | Bypass | Torre T4 | Torre T7 | Diffusore | Ravano |
| P18 14/0 | 0 | 54 | 139 | 57 | 37 | 36 | - |
| P18 14/1 | 182221 | 71 | 93 | 39 | 19 | 32 | - |
| P18 15/1 | 173912 | 76 | 247 | 152 | 58 | 52 | - |
| P18 15/2 | 151750 | 13 | 108 | 64 | 46 | 35 | - |
| P18 16/1 | 152886 | 153 | 250 | 97 | 69 | 72 | - |
| P18 16/2 | 177458 | 84 | 167 | 68 | 80 | 58 | - |
| P18 17/1 | 131392 | 149 | 270 | 133 | 76 | - | 161 |
| P18 17/2 | 64683 | 95 | 137 | 58 | 25 | - | 125 |
| P18 18/1 | 66000 | 49 | 94 | 29 | 30 | - | 102 |
| P18 18/2 | 45674 | 37 | 144 | 37 | 44 | - | 152 |
| P18 19/1 | 0 | 66 | 189 | 34 | 48 | - | 197 |
| P18 19/2 | 2600 | 28 | 85 | 33 | 32 | - | 82 |
| P34 20/1 | 0 | 35 | 81 | 23 | 26 | - | 103 |
| P34 20/2 | 0 | 14 | 69 | 26 | 26 | - | 111 |

Tabella 32 - Rateo di deposizione delle polveri e quantità di carbone scaricato (2014 - 2020).

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

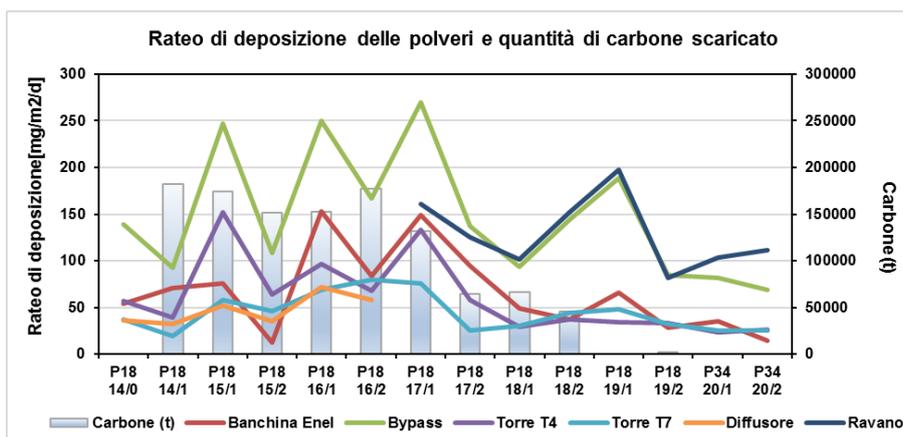


Figura 53 - Rateo di deposizione delle polveri e quantità di carbone scaricato (2014 - 2020).

Dall'esame della figura precedente risaltano immediatamente alcuni aspetti:

- una relativa costanza di scarico del carbone tra il 2014 e l'inverno del 2017 a meno della campagna di bianco;
- a partire dall'estate del 2017, la quantità di carbone scaricato è nettamente diminuita, circa il 50% in meno dei periodi precedenti e dal 2019 quasi assente;
- una netta dipendenza dei ratei di deposizione dalla stagionalità in quasi tutte le postazioni con massimi relativi in inverno e minimi relativi in estate fino al 2018, dove appare meno accentuata a causa della ridotta deposizione durante la campagna invernale **P18 18/1** (plausibilmente per cause meteorologiche che hanno diminuito la polverosità in aria). Nel 2019 invece le maggiori deposizioni si sono rilevate nella campagna estiva **P18 19/1** e quelle minori nella **19/2** plausibilmente a causa delle forti precipitazioni occorse;
- si noti che le campagne **P18 19/1** e **P34 20/2** nonostante non presentino carbone scaricato ma movimentazione in quanto la CTE ENEL era parzialmente in funzione, sono confrontabili con quelle di bianco;
- non si nota dunque una correlazione tra ratei di deposizione e quantità di carbone movimentato.

Ad avvalorare l'ultima considerazione, si è eseguita una analisi di correlazione tra il rateo di deposizione di polveri e la quantità di carbone movimentato, mediante il coefficiente di *Pearson* (C_p), che assume il valore di +1 nel caso di massima correlazione positiva, di -1 di massima correlazione negativa e zero in assenza di correlazione (Tabella 33):

| Correlazione di Pearson (C_p) | Quantità carbone scaricato |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Banchina Enel | 0,49 |
| Bypass | 0,47 |
| Torre T4 | 0,64 |
| Torre T7 | 0,53 |
| Diffusore | 0,30 |
| Ravano | 0,24 |

Tabella 33 - Correlazione di *Pearson* tra rateo di deposizione di polveri e carbone scaricato.

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

6.2 Deposizioni di metalli contenuti nelle polveri sedimentabili

Nei grafici seguenti sono riassunti i ratei di deposizione dei metalli in ciascuna postazione, determinati nelle campagne dal 2014 al 2020, espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$. Si ricorda che le scale dei componenti minoritari (As, Cd, Hg, Tl) e maggioritari (Cr, Ni, Pb, Cu, Mn, V) sono diverse e che i valori di Bypass per le campagne antecedenti il 2016 sono stati ricalcolati.



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

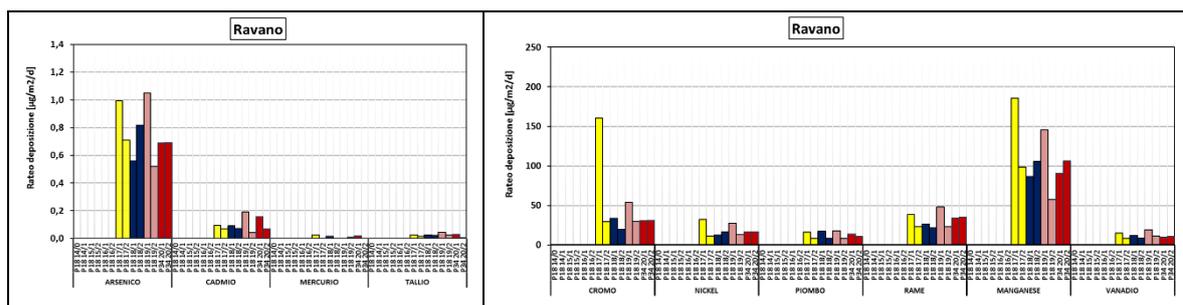


Figura 54 - Deposizione di metalli nelle polveri insolubili nei siti della P34 (ex P18).

Dai grafici sopra riportati si rileva che le deposizioni di metalli più elevate sono state misurate in genere a Bypass, in analogia con l'entità delle deposizioni di polveri: qui si evidenzia una maggiore deposizione sia dei metalli terrigeni (As e Mn) che di quelli associabili a sorgenti antropiche quali traffico veicolare o intra-portuale, combustione, attività industriali (Cr, Ni, V).

Nelle tabelle e nei grafici che seguono sono riassunti i ratei medi dei metalli minoritari e $\text{medi} \pm 1 \text{dev.st}$ dei maggioritari misurati nelle campagne estive e invernali a confronto con le campagne di bianco estive P18 14/0 e P34 20/1:

| Rateo di deposizione (Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$) | | Banchina Enel | Bypass | Torre T4 | Torre T7 | Diffusore | Ravano |
|--|---------------------|---------------|--------|----------|----------|-----------|--------|
| ARSENICO | P18 14/0 e P34 20/1 | 0,24 | 0,56 | 0,19 | 0,17 | 0,22 | 0,69. |
| | Campagne Estive | 0,50 | 0,84 | 0,35 | 0,44 | 0,30 | 0,86 |
| | Campagne Invernali | 0,56 | 0,79 | 0,42 | 0,39 | 0,31 | 0,69 |
| CADMIO | P18 14/0 e P34 20/1 | 0,03 | 0,12 | 0,03 | 0,03 | 0,04. | 0,16 |
| | Campagne Estive | 0,06 | 0,12 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,11 |
| | Campagne Invernali | 0,05 | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,07 |
| MERCURIO | P18 14/0 e P34 20/1 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,003 | 0,02 |
| | Campagne Estive | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,002 |
| | Campagne Invernali | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| TALLIO | P18 14/0 e P34 20/1 | 0,03 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,03 |
| | Campagne Estive | 0,04 | 0,07 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,03 |
| | Campagne Invernali | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |

Tabella 34 - Confronto rateo di deposizione medio dei metalli minoritari nelle polveri insolubili misurato durante le campagne di bianco (14/0 e 20/1) e nelle campagne estive (14/1, 15/2, 16/2, 17/2, 19/1) e invernali (15/1, 16/1, 17/1, 19/2 e 20/2). (*Dato anomalo di 1,97 eliminato della campagna P18 17/1)

| Rateo di deposizione (Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$) | | Banchina Enel | Bypass | Torre T4 | Torre T7 | Diffusore | Ravano |
|--|---------------------|---------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|
| CROMO | P18 14/0 e P34 20/1 | 11 ± 3 | 33 ± 1 | 9 ± 4 | 5 ± 1 | 14 ± n.c. | 30 ± n.c. |
| | Campagne Estive | 16 ± 11 | 37 ± 21 | 10 ± 4 | 7 ± 5 | 16 ± 10 | 34 ± 18 |
| | Campagne Invernali | 39 ± 35 | 50 ± 50 | 17 ± 17 | 23 ± 23 | 12 ± 0 | 64 ± 64 |
| MANGANESE | P18 14/0 e P34 20/1 | 25 ± 3 | 71 ± 3 | 19 ± 11 | 14 ± 4 | 23 ± n.c. | 91 ± n.c. |
| | Campagne Estive | 42 ± 22 | 97 ± 41 | 26 ± 11 | 18 ± 13 | 23 ± 19 | 116 ± 25 |
| | Campagne Invernali | 55 ± 36 | 99 ± 79 | 24 ± 17 | 24 ± 14 | 33 ± 17 | 109 ± 55 |
| NICKEL | P18 14/0 e P34 20/1 | 6 ± 0,5 | 16 ± 1 | 4 ± 2 | 3 ± 1 | 6 ± n.c. | 17 ± n.c. |
| | Campagne Estive | 7 ± 3 | 18 ± 8 | 4 ± 1 | 3 ± 2 | 5 ± 3 | 19 ± 8 |
| | Campagne Invernali | 12 ± 7 | 20 ± 15 | 5 ± 3 | 6 ± 4 | 6 ± 2 | 19 ± 9 |
| PIOMBO | P18 14/0 e P34 20/1 | 8 ± 4 | 22 ± 12 | 5 ± 1 | 4 ± 0,5 | 8 ± n.c. | 13 ± n.c. |
| | Campagne Estive | 8 ± 4 | 25 ± 23 | 5 ± 2 | 5 ± 5 | 8 ± 4 | 11 ± 5,4 |
| | Campagne Invernali | 16 ± 7 | 19 ± 15 | 10 ± 10 | 7 ± 6 | 5 ± 2 | 13 ± 4 |
| RAME | P18 14/0 e P34 20/1 | 22 ± 3 | 80 ± 20 | 24 ± 5 | 6 ± 0,4 | 21 ± n.c. | 34 ± n.c. |
| | Campagne Estive | 21 ± 9 | 66 ± 23 | 19 ± 5 | 9 ± 6 | 33 ± 31 | 31 ± 15 |
| | Campagne Invernali | 24 ± 15 | 47 ± 20 | 21 ± 14 | 11 ± 8 | 19 ± 1 | 31 ± 7 |
| VANADIO | P18 14/0 e P34 20/1 | 3 ± 1 | 9 ± 1 | 3 ± 2 | 2 ± 1 | 4 ± n.c. | 10 ± n.c. |
| | Campagne Estive | 5 ± 3 | 11 ± 5 | 4 ± 1 | 4 ± 2 | 4 ± 2 | 12 ± 6,2 |
| | Campagne Invernali | 8 ± 3 | 12 ± 7 | 5 ± 3 | 5 ± 2 | 5 ± 1 | 12 ± 2 |

Tabella 35 - Confronto rateo di deposizione medio \pm 1dev.st. dei metalli maggioritari nelle polveri insolubili misurato durante le campagne di bianco (14/0 e 20/1) e nelle campagne estive (14/1, 15/2, 16/2, 17/2, 19/1) e invernali (15/1, 16/1, 17/1, 19/2 e 20/2). (*Dato anomalo di 1,97 eliminato della campagna P18 17/1)

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

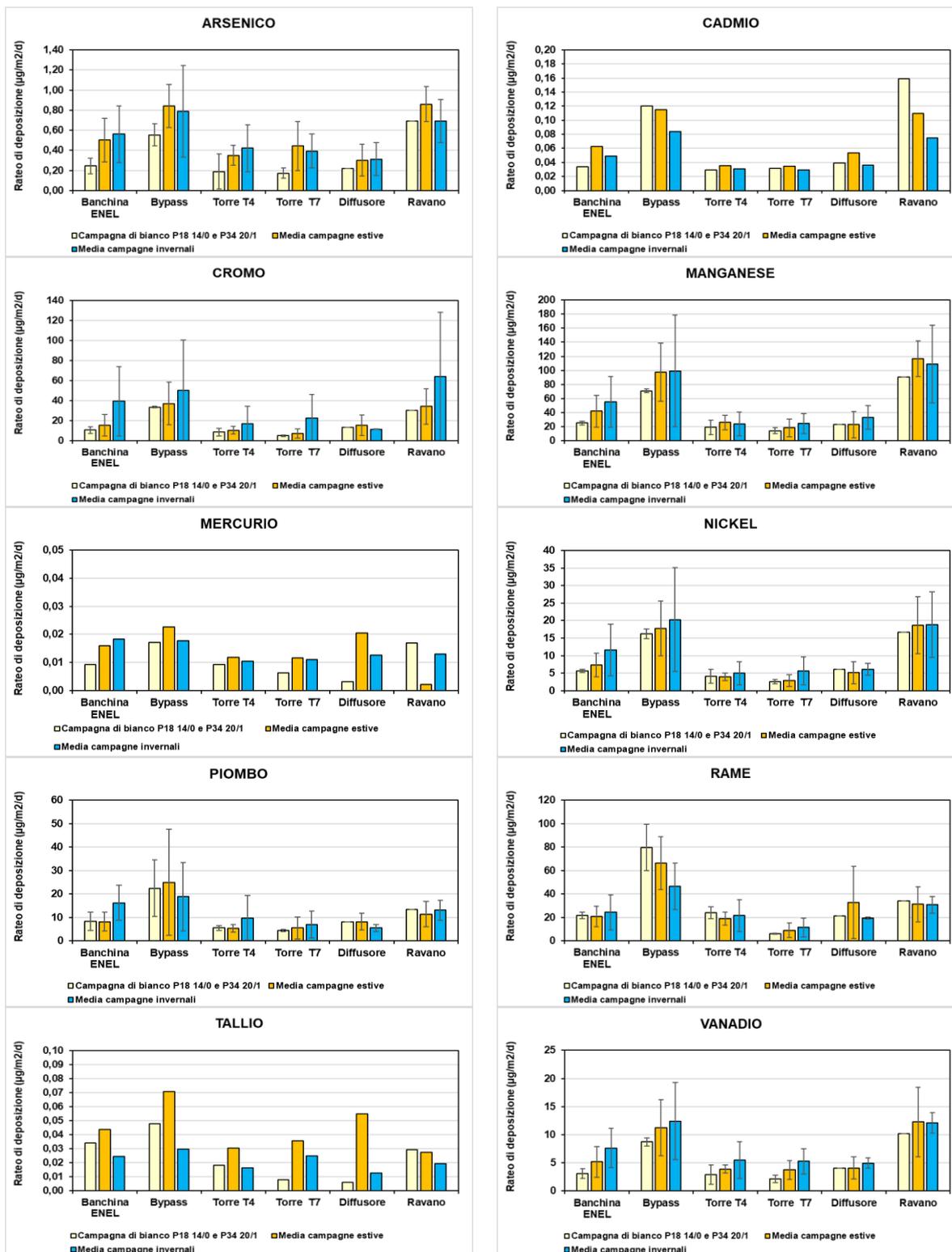


Figura 55 - Confronto rateo di deposizione medio dei metalli minoritari e medio \pm 1dev.st dei metalli maggioritari nelle polveri insolubili misurato durante la campagna di bianco estiva (14/0 e 20/1) e nei periodi di campagna in estate (14/1, 15/2, 16/2, 17/2, 18/2, 19/1) e inverno (15/1, 16/1, 17/1, 18/1, 19/2, 20/2). (*Dato anomalo di 1,97 eliminato della campagna P18 17/1).

Si nota una maggiore deposizione nelle campagne invernali rispetto a quelle estive in Banchina ENEL per tutti i metalli (eccetto Cd e Tl) e in tutte le postazioni per i metalli V, Ni (eccetto Ravano), Cr (eccetto Diffusore) e Mn (eccetto Torre T4 e Ravano). I metalli Pb e Cu, che nelle altre postazioni presentano le deposizioni maggiori in inverno rispetto all'estate, a Bypass e Diffusore mostrano i valori medi più elevati in estate. Gli altri metalli (As, Cd, Hg e Tl) invece risultano maggiormente ubiquitari e non si nota un marcato effetto stagionale. In ogni caso, i ratei di deposizione dei metalli, ma anche quelli delle polveri sedimentabili, sono entro i valori guida come medie annuali adottati in alcune nazioni europee e tipici di ambienti urbani e rurali europei (v. cap. 5).

6.3 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.

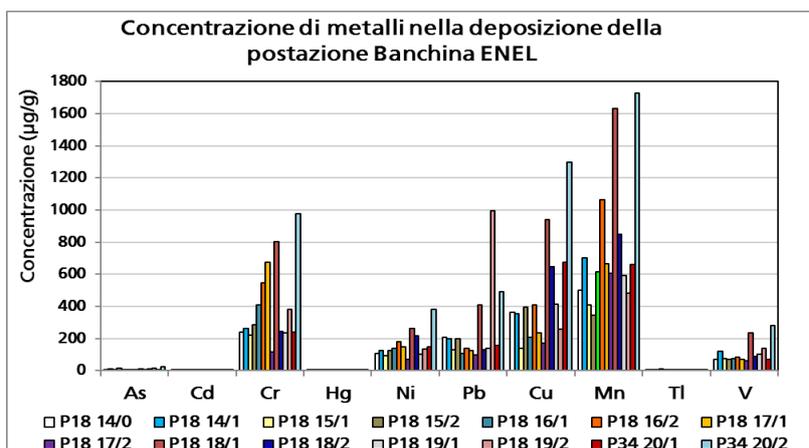


Figura 56 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Banchina ENEL.

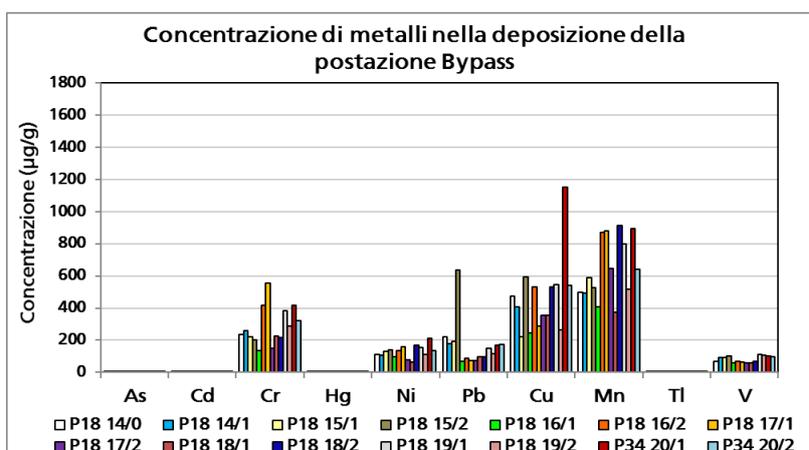


Figura 57 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Bypass.

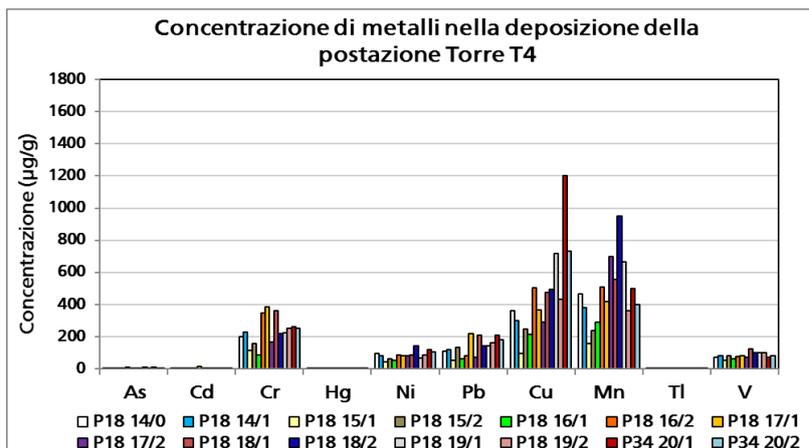


Figura 58 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Torre T4.

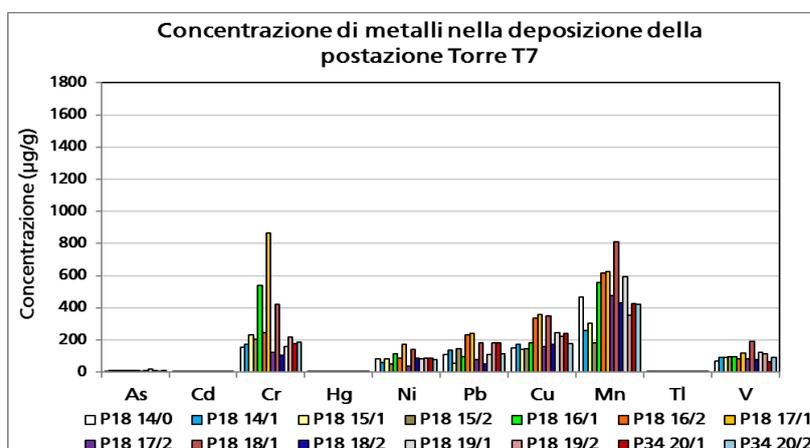


Figura 59 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Torre T7.

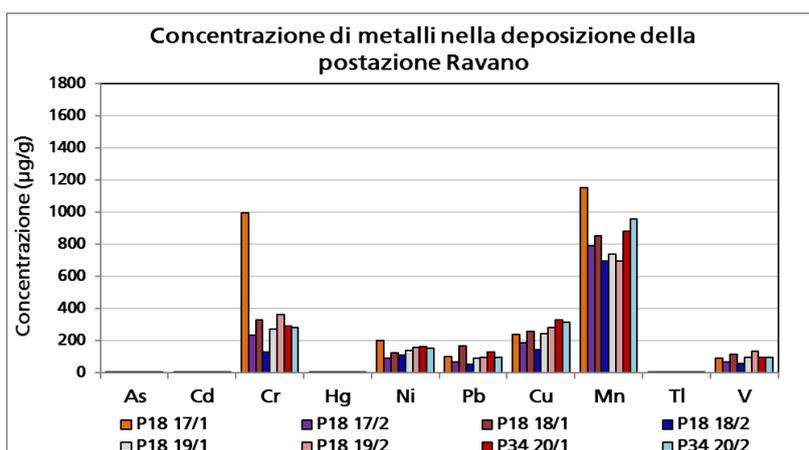


Figura 60 - Concentrazione di metalli nelle polveri insolubili - Ravano.

I metalli ricercati, comprensivi di quelli considerati avversi alla salute umana, sono una componente minoritaria delle polveri depositate e quelli che normalmente vengono

rinvenuti in quantità maggiore nelle polveri sono Mn, Cu, Pb, Cr, Ni e V; gli altri risultano minoritari.

Focalizzandosi sui metalli maggioritari riscontrati nelle polveri e tenendo sempre presente che, anche per i metalli, ci si deve attendere una ampia escursione dei loro tenori, emerge viceversa un quadro di sostanziale equivalenza della composizione delle polveri che si depositano in ciascuna postazione. In particolare:

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

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

Il riconoscimento di carbone incombusto nelle deposizioni è stato effettuato mediante due modalità: un approccio visuale puntuale basato sulla identificazione al microscopio elettronico delle singole particelle corroborato da microanalisi in XRF e una valutazione distruttiva basata sulla analisi del contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC) e totale (TC), determinati tramite metodo termo-ottico.

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

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

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

| Postazione | P18 14/0 | P18 14/1 | P18 15/1 | P18 15/2 | P18 16/1 | P18 16/2 | P18 17/1 | P18 17/2 | P18 18/1 | P18 18/2 | P18 19/1 | P18 19/2 | P34 20/1 | P34 20/2 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Banchina ENEL | 1,9 | 0,2 | <0,1 | 1,7 | 0,5 | 3 | 0,3 | <0,1 | 4,9 | 5,9 | 0,4 | 0,9 | <0,1 | 0,2 |
| Bypass | 0,2* | 0,8* | <0,1* | <0,1* | 0,7 | 1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Torre T4 | 3,6 | 4,4 | 1,4 | 3,7 | 5,5 | 2,5 | 2,9 | 0,9 | 1,5 | 0,2 | 0,9 | <0,1 | <0,1 | 0,5 |
| Torre T7 | <0,1 | 1,3 | 2,2 | 1,3 | 0,3 | 4 | <0,1 | 3 | 1,4 | 11,4 | 1,0 | 0,2 | <0,1 | <0,1 |
| Diffusore | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,3 | 0,8 | 0,2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ravano | - | - | - | - | - | - | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,3 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |

Tabella 36 - Percentuale stimata di particelle di carbone superficiali nei campioni di deposizione.

Dai risultati sopra riportati emerge chiaramente che la diffusione di particelle riconducibili al carbone incombusto è molto ridotta: il valore più elevato, che si discosta in modo significativo da quelli rilevati da inizio monitoraggio, è quello di Torre T7 della campagna estiva del 2018 (che risente delle possibili emissioni diffuse dal limitrofo carbonile di Val Bosca) con 11%; in Torre T4 si è avuta una deposizione di particelle di carbone abbastanza costante (con un valore medio intorno al 4%) fino alla dismissione del vicino carbonile di Val Fornola, avvenuta nel 2016. In Banchina ENEL (influenzata da eventuali emissioni diffuse durante lo scarico dalle navi) la presenza di carbone incombusto è stata saltuaria, con i valori più elevati riscontrati nel 2018. La diffusione di polveri è rimasta però sempre limitata alla zona della Banchina in quanto non si è riscontrata nelle postazioni più adiacenti di Bypass, Diffusore e, successivamente alla dismissione di quest'ultima, a Ravano. Durante la campagna estiva **P18 19/1**, caratterizzata da assenza di scarico in Banchina ENEL, il contenuto maggiore di carbone, anche se in misura molto modesta, è stato rilevato nella postazione prossima al carbonile (Torre T7).

Nella tabella che segue sono riportati i valori di deposizione di polveri, carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC), dato dalla somma di OC ed EC ed il valore del rapporto OC/EC. Per confronto si riportano inoltre i valori presenti in Tabella 36. Si ricorda che i valori di Bypass per le campagne antecedenti il 2016 sono stati ricalcolati applicando un fattore 2 e contrassegnando i dati nella tabella con un “*”.

| Postazione | Campagna | polveri | OC | EC | TC | OC/EC | %C |
|---------------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Banchina Enel | P18 14/0 | 54 | 9,7 | 13,8 | 23,5 | 0,7 | 1,9 |
| | P18 14/1 | 71 | 6,0 | 10,8 | 16,8 | 0,6 | 0,2 |
| | P18 15/1 | 76 | 7,4 | 8,3 | 15,6 | 0,9 | 0,1 |
| | P18 15/2 | 13 | 2,4 | 1,3 | 3,7 | 1,8 | 1,7 |
| | P18 16/1 | 153 | 8,5 | 4,0 | 12,5 | 2,1 | 0,5 |
| | P18 16/2 | 84 | 13,3 | 7,6 | 20,9 | 1,8 | 3 |
| | P18 17/1 | 149 | 12,2 | 5,8 | 18,0 | 2,1 | 0,3 |
| | P18 17/2 | 95 | 8,9 | 3,4 | 12,3 | 2,6 | 0,1 |
| | P18 18/1 | 49 | 2,9 | 2,7 | 5,6 | 1,1 | 4,9 |
| | P18 18/2 | 37 | 2,7 | 1,6 | 4,3 | 1,7 | 5,9 |
| | P18 19/1 | 66 | 9,7 | 4,6 | 14,3 | 2,1 | 0,4 |
| | P18 19/2 | 28 | 4,9 | 1,1 | 6,0 | 4,5 | 0,9 |
| | P34 20/1 | 35 | 4,9 | 1,2 | 6,2 | 3,9 | 0,1 |
| | P34 20/2 | 14 | 5,5 | 1,0 | 6,5 | 5,6 | 0,2 |
| Bypass | P18 14/0 | 138* | 19,8* | 19* | 38,8* | 1,0 | 0,2 |
| | P18 14/1 | 94* | 20,2* | 18,2* | 38,4* | 1,1 | 0,8 |
| | P18 15/1 | 246* | 24,6* | 17* | 41,6* | 1,5 | 0,1 |
| | P18 15/2 | 108* | 22* | 7,6* | 29,4* | 2,9 | 0,1 |
| | P18 16/1 | 250 | 27,9 | 14,1 | 42,0 | 2,0 | 0,7 |
| | P18 16/2 | 167 | 25,4 | 11,8 | 37,2 | 2,2 | 1 |
| | P18 17/1 | 270 | 20,6 | 5,7 | 26,3 | 3,6 | 0,1 |
| | P18 17/2 | 137 | 12,9 | 2,9 | 15,8 | 4,4 | 0,1 |
| | P18 18/1 | 94 | 2,8 | 1,1 | 3,9 | 2,5 | 0,1 |
| | P18 18/2 | 144 | 10,7 | 5,5 | 16,3 | 1,9 | 0,1 |
| | P18 19/1 | 189 | 20,1 | 11,8 | 31,9 | 1,7 | 0,1 |
| | P18 19/2 | 85 | 10,9 | 3,3 | 14,2 | 3,3 | 0,1 |
| | P34 20/1 | 81 | 12,5 | 1,6 | 14,1 | 7,7 | 0,1 |
| | P34 20/2 | 69 | 11,8 | 2,2 | 14,1 | 5,3 | 0,1 |
| Torre T4 | P18 14/0 | 57 | 11,6 | 14,5 | 26,2 | 0,8 | 3,6 |
| | P18 14/1 | 39 | 11,9 | 20,5 | 32,4 | 0,6 | 4,4 |
| | P18 15/1 | 152 | 14,9 | 28,6 | 43,5 | 0,5 | 1,4 |
| | P18 15/2 | 64 | 6,9 | 13,1 | 19,9 | 0,5 | 3,7 |
| | P18 16/1 | 97 | 12,2 | 11,8 | 24,1 | 1,0 | 5,5 |
| | P18 16/2 | 68 | 9,4 | 6,1 | 15,5 | 1,5 | 2,5 |
| P18 17/1 | 133 | 19,0 | 9,6 | 28,6 | 2,0 | 2,9 | |

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

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

Member of CISQ Federation



| Postazione | Campagna | polveri | OC | EC | TC | OC/EC | %C |
|------------|----------|---------|------|------|------|-------|------|
| | P18 17/2 | 58 | 7,0 | 1,7 | 8,7 | 4,1 | 0,9 |
| | P18 18/1 | 29 | 3,5 | 1,3 | 4,8 | 2,7 | 1,5 |
| | P18 18/2 | 37 | 2,3 | 0,6 | 2,9 | 3,8 | 0,2 |
| | P18 19/1 | 34 | 5,3 | 1,3 | 6,7 | 4,1 | 0,9 |
| | P18 19/2 | 33 | 7,5 | 1,7 | 9,2 | 4,4 | 0,1 |
| | P34 20/1 | 23 | 6,0 | 1,0 | 7,0 | 5,8 | 0,1 |
| | P34 20/2 | 26 | 4,7 | 0,7 | 5,4 | 6,9 | 0,5 |
| | P18 14/0 | 37 | 16,2 | 14,1 | 30,3 | 1,2 | 0,1 |
| | P18 14/1 | 19 | 13,3 | 20,0 | 33,3 | 0,7 | 1,3 |
| | P18 15/1 | 58 | 8,5 | 9,8 | 18,3 | 0,9 | 2,2 |
| | P18 15/2 | 46 | 4,8 | 5,5 | 10,2 | 0,9 | 1,3 |
| | P18 16/1 | 69 | 8,9 | 4,4 | 13,3 | 2,0 | 0,3 |
| | P18 16/2 | 80 | 10,4 | 9,9 | 20,3 | 1,1 | 4 |
| Torre T7 | P18 17/1 | 76 | 9,1 | 5,6 | 14,7 | 1,6 | 0,1 |
| | P18 17/2 | 25 | 4,3 | 1,9 | 6,2 | 2,3 | 3 |
| | P18 18/1 | 30 | 4,9 | 1,3 | 6,2 | 3,8 | 1,4 |
| | P18 18/2 | 44 | 2,3 | 2,9 | 5,2 | 0,8 | 11,4 |
| | P18 19/1 | 48 | 8,1 | 7,1 | 15,2 | 1,1 | 1 |
| | P18 19/2 | 32 | 5,2 | 1,7 | 6,9 | 3,1 | 0,2 |
| | P34 20/1 | 26 | 3,6 | 1,3 | 4,9 | 2,8 | 0,1 |
| | P34 20/2 | 26 | 4,0 | 0,6 | 4,6 | 6,7 | 0,1 |
| | P18 14/0 | 36 | 14,1 | 7,4 | 21,5 | 1,9 | 0,1 |
| | P18 14/1 | 32 | 14,4 | 11,2 | 25,7 | 1,3 | 0,1 |
| Diffusore | P18 15/1 | 52 | 5,4 | 2,8 | 8,2 | 1,9 | 0,1 |
| | P18 15/2 | 35 | 2,7 | 1 | 3,7 | 2,7 | 0,3 |
| | P18 16/1 | 72 | 10,3 | 1,3 | 11,6 | 7,9 | 0,8 |
| | P18 16/2 | 58 | 9,5 | 1,2 | 10,6 | 8,1 | 0,2 |
| | P18 17/1 | 161 | 20,7 | 5,1 | 25,9 | 4,1 | 0,1 |
| | P18 17/2 | 125 | 17,4 | 4,5 | 21,9 | 3,9 | 0,1 |
| | P18 18/1 | 102 | 3,7 | 1,6 | 5,3 | 2,3 | 0,1 |
| | P18 18/2 | 152 | 13,5 | 6,4 | 20,0 | 2,1 | 0,1 |
| | P18 19/1 | 197 | 25,9 | 16,2 | 42,1 | 1,6 | 0,3 |
| | P18 19/2 | 82 | 10,8 | 2,6 | 13,4 | 4,2 | 0,1 |
| | P34 20/1 | 103 | 12,3 | 2,4 | 14,7 | 5,1 | 0,1 |
| | P34 20/2 | 111 | 13,0 | 2,9 | 15,9 | 4,4 | 0,1 |

Tabella 37 - Deposizione di polveri, carbonio organico (OC), elementare (EC) e totale (TC) (valori espressi in mg/m²/d), rapporto OC/EC e % di Carbonio rilevata con SEM (ai valori inferiori al limite di rilevabilità < 0.1 % è stato assegnato il limite di rilevabilità).

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

- un minimo relativo del carbonio totale (TC) nelle campagne estive del 2015 e 2018 (**P18 15/2** e **P18 18/2**) in quasi tutte le postazioni che dovrebbero essere attribuibili a soli fattori meteo climatici, essendo state eseguite entrambe con scarico e movimentazione del carbone;
- la maggiore deposizione di EC in Torre T4 durante la campagna invernale **P18 15/1**, quella anche con la maggiore movimentazione di carbone, si può correlare con la diffusione locale delle polveri di carbone in accordo con le osservazioni fatte in precedenza sulla natura delle polveri sedimentate durante la campagna invernale **P18 15/1**.

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

Per esaminare la correlazione tra i valori del rapporto OC/EC e la percentuale di particelle di carbone stimate mediante SEM è stata utilizzata la rappresentazione con

diagramma di dispersione (*scatter plot*), riportata di seguito, che consente di indagare le relazioni intercorrenti tra due variabili. Nel diagramma sono inclusi i risultati di tutte le postazioni, nelle diverse campagne sinora effettuate.

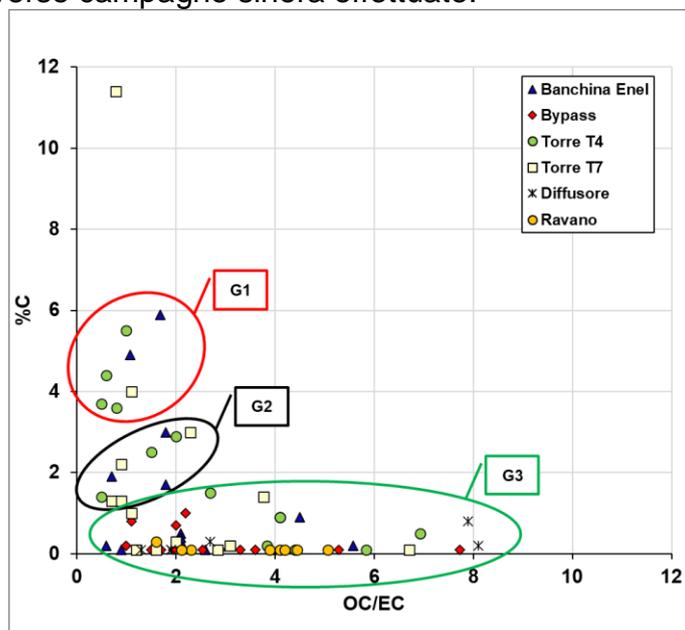


Figura 61 - *Scatter plot* tra OC/EC e particelle di carbone “(%C)” in ogni postazione.

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

- gruppo “G1”, costituito dai punti dati dal rapporto OC/EC compreso tra 0 e 2 e da una percentuale di particelle di carbone tra 3.5 e 6, e sono per la maggior parte relativi alla postazione di Torre T4 rilevati nel 2014 e 2015, di Banchina nel 2018, di T7 nel 2016;
- gruppo “G2”, costituito dai punti dati dal rapporto OC/EC compreso tra 0.5 e 2.5 e da una percentuale di particelle di carbone tra 1 e 3, e contiene campioni di deposizione prevalentemente relativi alla postazione di Torre T7 (nel 2014 e 2015), Torre T4 (nel 2016, 2017 e 2018) e Banchina ENEL (nel 2014, 2015 e 2016);
- gruppo “G3”, costituito dai punti aventi rapporto OC/EC compreso tra 0.5 e 8.1 e da una quasi totale assenza di particelle di carbone fino ad un massimo rilevato in Torre T4 di 1.5%. Tale gruppo include i campioni di deposizione relativi a tutte le altre postazioni.
- In questi gruppi non rientra il campione di Torre T7 della campagna **P18 18/2** che ha un contenuto di particelle di carbone superiore a tutti gli altri campioni (oltre il 10%).

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 eventuali polveri depositate dovute allo scarico e alla movimentazione del carbone sono di scarsa entità e limitate all'intorno locale del punto emissivo.

7. SINTESI E CONCLUSIONI

In questo capitolo sono riassunti gli aspetti salienti dell'attività di monitoraggio definita dalla Prescrizione 34 ai sensi del Decreto AIA nr. 351/2019, che sostituisce integralmente il Decreto AIA nr. 244/2013. Con il nuovo Decreto AIA la Prescrizione 18 è stata nella sostanza lasciata immutata e "rinominata" in Prescrizione 34: essa prescrive ".....*Considerata l'importanza delle attività di scarico, movimentazione, stoccaggio e manipolazione del carbone quale sorgente di inquinamento il Gestore, d'intesa con ARPAL e Amministrazione comunali (comuni di La Spezia e di Arcola), dovrà continuare ad implementare e migliorare il programma di campagne periodiche 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 della verifica dell'efficacia delle iniziative adottate consenta alle Autorità locali competenti una corretta gestione dei rischi per la salute*".

Poiché il contenuto della prescrizione non è variato rispetto alla precedente formulazione, si è utilizzata la modalità di attuazione già formalizzata nel Protocollo condiviso ed approvato dagli Enti Locali e dal Gestore, integrato con le modifiche definite nel corso negli anni a seguito dell'analisi dei risultati dei monitoraggi (v. cap.2). Inoltre, si è cercato anche di avere la massima sovrapposizione possibile con due delle 4 campagne previste dalla Prescrizione 29 (ex Prescrizione 14), della citata AIA. Il presente capitolo è diviso in due parti; la prima riporta la sintesi relativa alle attività di monitoraggio del 2020 (par. 7.1), la seconda quella derivante dalla valutazione complessiva del periodo di monitoraggio 2014÷2020 (par. 7.2).

7.1 Sintesi monitoraggio 2020

Nell'anno 2020 ha avuto inizio l'emergenza COVID 19 che ha portato a una serie di restrizioni del periodo di 'lockdown': le due campagne si sono svolte con attività produttive ridotte e con consequenziale riduzione del traffico locale. Pertanto tutti i risultati sono affetti da questa singolarità, mai avuta prima.

Le campagne del 2020, condotte negli stessi punti delle precedenti, entrambe senza scarico di carbone in Banchina, sono state suddivise in:

- estiva **P34 20/1**: dal 24/06/2020 al 30/07/2020;
- invernale **P34 20/2**: dal 10/11/2020 al 11/12/2020.

Solo nella campagna invernale **P34 20/2** si è avuto parziale funzionamento della CTE ENEL, pertanto la campagna estiva **P34 20/1** è stata considerata come una ulteriore campagna di bianco.

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

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

Relativamente alle attività di scarico del carbone, le campagne di monitoraggio sono state rappresentative delle scarse attività svolte nel 2020, sia dal punto di vista delle quantità di carbone scaricato giornalmente che dei giorni di scarico effettivo. L'attività di scarico infatti per il 2020 si è sviluppata in 25 giorni su 365 giorni per il solo 7% dell'intero anno. Durante le due campagne non c'è stato scarico di carbone mentre durante quella invernale caratterizzata da parziale funzionamento della CTE, c'è stata solo movimentazione di carbone dal carbonile alla CTE.

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

La campagna **estiva P34 20/1** ha visto la presenza del più mite anticiclone delle Azzorre, rispetto a quello di matrice africana che nel 2019 aveva dominato il mese di luglio. Nell'ultima settimana della campagna si è registrato l'unico episodio precipitativo significativo e, a seguire, si è assistito all'arrivo di un anticiclone di matrice africana con un forte innalzamento delle temperature e dell'umidità. Il periodo, in linea con la climatologia, è stato caratterizzato da temperature estive, ventilazione in regime di brezza e scarse precipitazioni.

La campagna **invernale P34 20/2** può essere divisa in due fasi: quella che si sviluppa nel mese di novembre, decisamente autunnale, e quella che si sviluppa a partire da dicembre, caratterizzata da un tempo fortemente instabile e perturbato, con molteplici episodi di maltempo estremo e con vere e proprie burrasche sciroccali.

Dall'analisi del **rateo di deposizione** di polveri si è riscontrata poca variabilità tra le due campagne di monitoraggio, anche se le maggiori precipitazioni si sono registrate durante quella invernale (**20/2**). Le massime deposizioni relative di polveri si sono avute a Ravano e a Bypass, seppur inferiori allo scorso anno: ciò potrebbe essere dovuto ad una diminuzione generale sia delle attività produttive che della mobilità che ha comunque caratterizzato il periodo emergenziale. Il contesto delle deposizioni rimane comunque quantitativamente modesto, e a parte la postazione di Ravano nelle due campagne, tutte le altre non eccedono i 100 mg/m²/d.

Escludendo la postazione di Ravano, la quale secondo una valutazione conservativa della polverosità, ha un indice di "bassa" polverosità, nelle altre postazioni, la polverosità è da considerarsi "praticamente assente".

I ratei di deposizione delle polveri misurate continuativamente a **Bypass** non risultano correlati con la quantità di carbone movimentato in Banchina ENEL. Il valore medio annuale di 97 mg/m²/d, che comprende tutte le campagne della Prescrizione e quelle integrative, colloca tale postazione nella classe di polverosità "bassa".

Le **deposizioni dei metalli** sono risultate per la maggior parte abbastanza simili tra le due campagne come per le polveri, eccetto che per Bypass in cui tutti i metalli hanno evidenziato ratei maggiori nella campagna estiva (**20/1**).

L'andamento generale delle deposizioni di metalli è stato quello di una loro diminuzione

allontanandosi dalla linea di costa (postazione di Bypass) in direzione di T7, come già rilevato negli anni precedenti. La postazione di Banchina Enel ha avuto quasi sempre deposizioni di metalli inferiori a quelle di Bypass. Le deposizioni della postazione di Ravano sono risultate paragonabili e a volte maggiori di quelle di Bypass; queste due postazioni hanno evidenziato, come per le polveri, i ratei dei metalli più elevati.

Relativamente ai singoli metalli, si può notare che l'andamento delle deposizioni di **Cu** riflette quasi sicuramente le influenze dovute alle emissioni dagli organi meccanici dei veicoli a motore, decrescendo dalla postazione di Bypass a quella di T7. Un andamento simile si riscontra per i metalli V e Ni, presenti nelle emissioni navali, a sottolineare anche per questi monitoraggi, l'influenza del porto commerciale.

I ratei di deposizione di As e Cd riscontrati alla Spezia non hanno mai ecceduto quelli tipici delle aree urbane. Per quanto riguarda le deposizioni di Ni, i ratei sono rimasti normalmente compresi in quelli tipici delle aree rurali nelle postazioni di T4 e T7 e in quelli delle aree urbane e industriali nelle postazioni vicino alla costa. Inoltre, i ratei più elevati sono risultati a Bypass nella campagna estiva (**20/1**) e a Ravano in modo equivalente nelle due campagne, con valori riferibili alle aree industriali.

Prendendo come riferimento i valori guida annuali della Germania e considerando ai fini di confronto il **valore massimo** delle deposizioni rilevato nelle differenti postazioni, si può osservare che i ratei riscontrati alla Spezia sono di gran lunga inferiori rispetto ai valori guida tedeschi.

Per quanto riguarda il Ni, risulta che i valori massimi riscontrati superano il valore guida sopracitato per le postazioni di Bypass e Ravano: va però ricordato che i valori guida si riferiscono a medie annuali mentre i valori da noi riportati si riferiscono alla massima deposizione riscontrata nelle campagne.

Dall'analisi delle **concentrazioni dei metalli** emerge che le due campagne si distinguono per i valori più elevati di concentrazione per tutti i metalli, tranne TI, Hg e Cd, nelle polveri di Banchina ENEL nella campagna invernale (**20/2**), per effetto sicuramente del minor rateo di polveri registrato in questa postazione durante la campagna mentre in quella estiva (**20/1**), si sono registrate concentrazioni superiori di quasi tutti i metalli tranne As, Pb e V nella postazione di Bypass.

Il contenuto di **OC** e **EC** delle deposizioni atmosferiche del 2020 è risultato confrontabile nelle due campagne in tutte le postazioni, in linea dunque con le deposizioni di polveri. In termini di Carbonio Totale (TC) i valori sono rimasti compresi tra il 14 e il 30% nella campagna estiva (**20/1**) e tra il 14 ed il 46% nella campagna invernale (**20/2**).

Gli esami condotti in **microscopia elettronica** (SEM) sulle deposizioni, evidenziano che la diffusione di particelle riconducibili al carbone incombusto nelle deposizioni è limitata alla sola campagna invernale (**20/2**), circoscritta alla zona di Banchina ENEL e T4 e non eccede l'0,5% di particelle riconducibili al carbone.

Per quanto riguarda il monitoraggio continuativo a **Bypass**, i **ratei** medi annuali di **deposizioni dei metalli** sono risultati inferiori ai valori guida tedeschi; la campagna con rateo maggiore di polvere, la **20/B**, risulta anche caratterizzata da maggiori valori di

rateo soprattutto di As, Mn, V a causa di qualche evento di trasporto/risollevamento locale di polvere non conosciuto.

Per quanto riguarda le **concentrazioni dei metalli** in questo sito si rileva una variabilità abbastanza limitata durante il corso di tutto l'anno; As tra i metalli minoritari e Cu e Mn tra quelli maggioritari sono risultati i metalli che presentano variabilità relativamente maggiore.

Gli esami condotti in **microscopia elettronica** (SEM) rappresentativi dell'anno evidenziano una limitata presenza di particelle di carbone rilevate a Bypass nello strato superficiale delle deposizioni raccolte.

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

7.2 Sintesi e conclusioni del periodo 2014 ÷ 2020

I risultati delle campagne della Prescrizione 34 (ex18) effettuate dal **2014 al 2020** sono stati esaminati nel loro complesso e confrontati con le campagne **P18 14/0** e **P34 20/1** (campagne di bianco estive) senza scarico e movimentazione di carbone in quanto la centrale non era attiva.

Si ricorda che a partire dal 2020 si è proceduto alla sospensione del monitoraggio del PTS nei 5 siti aggiuntivi (Banchina ENEL, Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano) in quanto, nel corso dei 6 anni di monitoraggio, gli andamenti rilevati per questo parametro sono risultati sempre in linea rispetto a quanto rilevato per il PM10 sul resto della RQA della Spezia: pertanto la valutazione pluriennale di questo parametro non è più stata effettuata.

Confrontando i **ratei di deposizione delle polveri** emerge che nelle campagne estive i valori sono risultati simili tra loro e a quelli rilevati nelle campagne di bianco, mentre nelle campagne invernali si sono registrati valori complessivamente più elevati. In generale si è osservata una tendenza alla diminuzione del rateo di deposizione di polveri sedimentabili man mano che ci si allontana dalla costa. La postazione di Diffusore, monitorata dal 2014 al 2016 è risultata poco rappresentativa a causa della sua collocazione influenzata dalla variabilità degli ostacoli circostanti. Pertanto, a partire dal 2017, è stata individuata in sostituzione la postazione di Ravano avente le stesse caratteristiche rispetto alla pressione dovuta alla movimentazione del carbone. Presso tale sito, si sono rilevati elevati tassi di deposizione, paragonabili a quelli di Bypass, probabilmente dovuti alle limitrofe attività portuali. Da notare che entrambe le postazioni presentano una sola campagna di bianco (**P18 14/0** per Diffusore e **P34 20/1** per Ravano).

Dal confronto dei dati di deposizione con le attività di scarico in Banchina ENEL (che dal 2017 hanno subito una notevole riduzione in termini quantitativi) non si evidenzia alcuna relazione tra queste due variabili: si nota piuttosto una dipendenza dei ratei di deposizione dalla stagionalità in quasi tutte le postazioni con massimi relativi in inverno e minimi relativi in estate; tale andamento è però meno evidente nel 2018 e nel 2019,

anni durante i quali sono stati rilevate deposizioni invernali minori, probabilmente, per effetto delle elevate precipitazioni cumulate registrate. Inoltre, le campagne **P18 19/1** e **P34 20/2**, nonostante non presentino carbone scaricato in banchina, ma esclusivamente movimentato dal carbonile Val Bosca verso la Centrale, sono confrontabili con quelle di bianco; non si evidenzia inoltre alcuna correlazione tra ratei di deposizione e quantità di carbone movimentato.

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

I **ratei di deposizioni di metalli**, presentano valori più elevati nelle campagne invernali rispetto a quelle estive per la maggior parte dei metalli in Banchina ENEL, e solo per V, Ni, Cr e Mn in quasi tutte le postazioni. I metalli Pb e Cu invece, solo a Bypass e a Diffusore, mostrano i valori medi più elevati in estate. Gli altri metalli (As, Cd, Hg e Tl) risultano maggiormente ubiquitari e non si nota un marcato effetto stagionale. In ogni caso, i ratei di deposizione dei metalli, ma anche quelli delle polveri sedimentabili, sono entro i valori guida come medie annuali adottati in alcune nazioni europee e tipici di ambienti urbani e rurali.

Anche le **concentrazioni dei metalli** nelle deposizioni tendono a diminuire man mano che ci si allontana dalla fascia costiera. Inoltre si nota una scarsa variabilità per Ni e V nelle singole postazioni, mentre per Mn, Cr e Cu le concentrazioni risultano più variabili in tutte le postazioni.

Il quadro complessivo emerso dal confronto tra le misure al **SEM** e quelle sulla componente di **carbonio organico (OC)** e **carbonio elementare (EC)** delle deposizioni, evidenzia un sostanziale accordo tra le misure effettuate con queste due tecniche che consentono di affermare che le eventuali polveri depositate dovute allo scarico e alla movimentazione del carbone sono di scarsa entità e limitate all'intorno locale del punto emissivo.

Si segnala che nel 2020, le deposizioni hanno subito una diminuzione generale in tutte le postazioni: a differenza degli scorsi anni, neanche nella postazione di Bypass, i ratei hanno superato il valore di 100 mg/m²/d, indicando che anche le deposizioni hanno subito l'effetto della diminuzione delle attività produttive e della mobilità a seguito della emergenza sanitaria Covid-19.

Sulla scorta dei risultati sia spaziali che temporali ottenuti nei sette anni di monitoraggio (2014 ÷ 2020) e della prevista completa assenza di scarico di carbone in Banchina, si è deciso di effettuare dal 2021, il monitoraggio delle deposizioni in 4 dei 5 siti fissi (Bypass, Torre T4, Torre T7 e Ravano).

Contestualmente, si è definito di mantenere le determinazioni analitiche con SEM sulle deposizioni e il monitoraggio continuativo presso la postazione di Bypass, area soggetta alla massima deposizione delle emissioni CTE ENEL.

L'attività di analisi dei contributi delle sorgenti (Source Apportionment) terminata nel 2020, verrà relazionata con documento ad hoc.

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

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

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

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

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

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

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

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

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

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

APPENDICE 1 – ROSE DEI VENTI DURANTE I PERIODI DI MONITORAGGIO

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

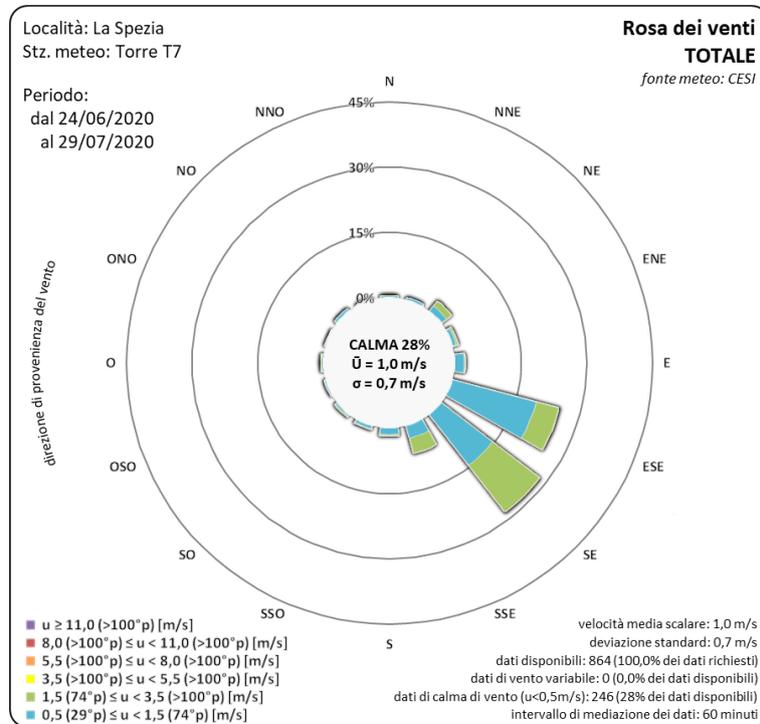
Via Bombrini 8, 16149 Genova

Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.liguria.it

C.F. e P.IVA 01305930107



P34 20/1



| 16 SETTORI | | | CLASSI [m/s] | | | | | | | TOT | V. MED. SCALARE |
|------------|--------|--------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------|---------|-----------------|
| ID | da | a | CAL | $0,5 \leq u < 1,5$ | $1,5 \leq u < 3,5$ | $3,5 \leq u < 5,5$ | $5,5 \leq u < 8$ | $8 \leq u < 11$ | $u \geq 11$ | | |
| N | 348,75 | 11,25 | - | 0,35% | 0,12% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,46% | 1,7 |
| NNE | 11,25 | 33,75 | - | 0,46% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,46% | 1,1 |
| NE | 33,75 | 56,25 | - | 1,39% | 1,50% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 2,89% | 1,6 |
| ENE | 56,25 | 78,75 | - | 0,69% | 0,46% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 1,16% | 1,4 |
| E | 78,75 | 101,25 | - | 2,08% | 0,12% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 2,20% | 1,0 |
| ESE | 101,25 | 123,75 | - | 19,56% | 5,44% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 25,00% | 1,0 |
| SE | 123,75 | 146,25 | - | 14,58% | 13,43% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 28,01% | 1,4 |
| SSE | 146,25 | 168,75 | - | 2,89% | 3,59% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 6,48% | 1,5 |
| S | 168,75 | 191,25 | - | 1,39% | 0,35% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 1,74% | 1,3 |
| SSO | 191,25 | 213,75 | - | 0,58% | 0,23% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,81% | 1,3 |
| SO | 213,75 | 236,25 | - | 0,35% | 0,23% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,58% | 1,3 |
| OSO | 236,25 | 258,75 | - | 0,23% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,23% | 0,7 |
| O | 258,75 | 281,25 | - | 0,23% | 0,35% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,58% | 1,5 |
| ONO | 281,25 | 303,75 | - | 0,12% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,12% | 1,2 |
| NO | 303,75 | 326,25 | - | 0,58% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,58% | 1,1 |
| NNO | 326,25 | 348,75 | - | 0,12% | 0,12% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,23% | 1,6 |
| VAR | - | - | - | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,0 |
| CALM | - | - | - | 28,47% | - | - | - | - | - | 28,47% | - |
| TOT | - | - | - | 28,47% | 45,60% | 25,93% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% | 1,01 |

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

Via Bombrini 8, 16149 Genova

Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.liguria.it

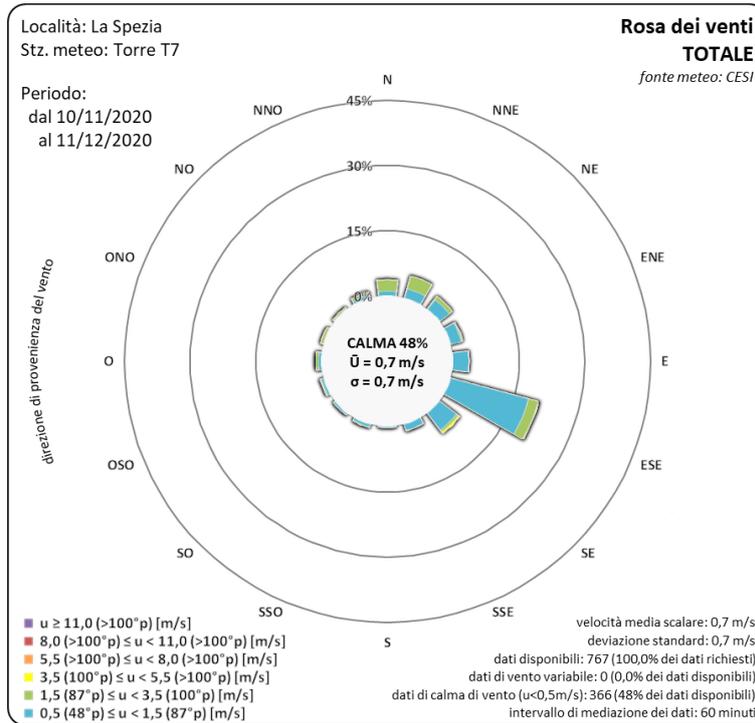
C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation





P34 20/2



| 16 SETTORI | | | CLASSI [m/s] | | | | | | | TOT | V. MED. SCALARE |
|------------|--------|--------|--------------|---------------|---------------|---------------|-------------|------------|--------|---------|-----------------|
| ID | da | a | CAL | 0,5 ≤ u < 1,5 | 1,5 ≤ u < 3,5 | 3,5 ≤ u < 5,5 | 5,5 ≤ u < 8 | 8 ≤ u < 11 | u ≥ 11 | | |
| N | 348,75 | 11,25 | - | 1,04% | 2,61% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 3,65% | 1,9 |
| NNE | 11,25 | 33,75 | - | 2,22% | 3,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 5,22% | 1,8 |
| NE | 33,75 | 56,25 | - | 2,74% | 0,91% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 3,65% | 1,3 |
| ENE | 56,25 | 78,75 | - | 2,48% | 0,26% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 2,74% | 0,9 |
| E | 78,75 | 101,25 | - | 3,52% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 3,52% | 0,8 |
| ESE | 101,25 | 123,75 | - | 18,25% | 2,22% | 0,13% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 20,60% | 0,9 |
| SE | 123,75 | 146,25 | - | 4,82% | 0,52% | 0,39% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 5,74% | 1,1 |
| SSE | 146,25 | 168,75 | - | 1,30% | 0,13% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 1,43% | 0,8 |
| S | 168,75 | 191,25 | - | 0,13% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,13% | 0,5 |
| SSO | 191,25 | 213,75 | - | 0,52% | 0,13% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,65% | 0,9 |
| SO | 213,75 | 236,25 | - | 0,39% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,39% | 0,7 |
| OSO | 236,25 | 258,75 | - | 0,52% | 0,26% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,78% | 1,2 |
| O | 258,75 | 281,25 | - | 0,65% | 0,52% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 1,17% | 1,3 |
| ONO | 281,25 | 303,75 | - | 0,00% | 0,65% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,65% | 2,4 |
| NO | 303,75 | 326,25 | - | 0,13% | 0,39% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,52% | 1,8 |
| NNO | 326,25 | 348,75 | - | 0,65% | 0,78% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 1,43% | 1,5 |
| VAR | | | - | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,0 |
| CALM | | | 47,72% | - | - | - | - | - | - | 47,72% | - |
| TOT | | | 47,72% | 39,37% | 12,39% | 0,52% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% | 0,74 |

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

Via Bombrini 8, 16149 Genova

Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.liguria.it

C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
ISO 45001

APPENDICE 2

PRECIPITAZIONI DURANTE I PERIODI DI MONITORAGGIO

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



Valori in millimetri (mm) di precipitazione.
Campagna P34 20/1 - dal 24/06/2020 al 30/07/2020

| Giorno Settimana | Data | Comune della Spezia | La Foce - Monteviseggi |
|---------------------|------------|------------------------|---------------------------|
| Mer | 24/06/2020 | 0 | 0 |
| Gio | 25/06/2020 | 0 | 0 |
| Ven | 26/06/2020 | 0 | 0 |
| Sab | 27/06/2020 | 0 | 0 |
| Dom | 28/06/2020 | 0 | 0 |
| Lun | 29/06/2020 | 0 | 0 |
| Mar | 30/06/2020 | 0 | 0 |
| Mer | 01/07/2020 | 0 | 0 |
| Gio | 02/07/2020 | 0 | 0 |
| Ven | 03/07/2020 | 0,2 | 0,2 |
| Sab | 04/07/2020 | 0 | 0 |
| Dom | 05/07/2020 | 0 | 0 |
| Lun | 06/07/2020 | 0 | 0 |
| Mar | 07/07/2020 | 0 | 0 |
| Mer | 08/07/2020 | 0 | 0 |
| Gio | 09/07/2020 | 0 | 0 |
| Ven | 10/07/2020 | 0 | 0 |
| Sab | 11/07/2020 | 0 | 0 |
| Dom | 12/07/2020 | 0 | 0 |
| Lun | 13/07/2020 | 0 | 0 |
| Mar | 14/07/2020 | 0 | 0 |
| Mer | 15/07/2020 | 0 | 0 |
| Gio | 16/07/2020 | 0 | 0 |
| Ven | 17/07/2020 | 0 | 4,4 |
| Sab | 18/07/2020 | 0 | 0,8 |
| Dom | 19/07/2020 | 0 | 0 |
| Lun | 20/07/2020 | 0 | 0 |
| Mar | 21/07/2020 | 0 | 0 |
| Mer | 22/07/2020 | 0 | 0 |
| Gio | 23/07/2020 | 0 | 0 |
| Ven | 24/07/2020 | 29,2 | 38,4 |
| Sab | 25/07/2020 | 0 | 0 |
| Dom | 26/07/2020 | 0 | 0 |
| Lun | 27/07/2020 | 0 | 0 |
| Mar | 28/07/2020 | 0 | 0 |
| Mer | 29/07/2020 | 0 | 0 |
| Gio | 30/07/2020 | 0 | 0 |
| Totale (mm) | | 29,4 | 43,8 |

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

Campagna P34 20/2 - dal 10/11/2020 al 12/11/2020

| Giorno Settimana | Data | Comune della Spezia | La Foce - Monteviseggi |
|---------------------|------------|------------------------|---------------------------|
| Mar | 10/11/2020 | 0 | 0,2 |
| Mer | 11/11/2020 | 0 | 0,2 |
| Gio | 12/11/2020 | 1,0 | 1,8 |
| Ven | 13/11/2020 | 3,0 | 4,4 |
| Sab | 14/11/2020 | 0 | 0 |
| Dom | 15/11/2020 | 0 | 0 |
| Lun | 16/11/2020 | 6,6 | 12,0 |
| Mar | 17/11/2020 | 0 | 0 |
| Mer | 18/11/2020 | 0 | 0 |
| Gio | 19/11/2020 | 0 | 0 |
| Ven | 20/11/2020 | 0 | 0,6 |
| Sab | 21/11/2020 | 0 | 0 |
| Dom | 22/11/2020 | 0 | 0 |
| Lun | 23/11/2020 | 0 | 0 |
| Mar | 24/11/2020 | 0 | 0 |
| Mer | 25/11/2020 | 0 | 0 |
| Gio | 26/11/2020 | 0 | 0 |
| Ven | 27/11/2020 | 0 | 0 |
| Sab | 28/11/2020 | 2,2 | 2,8 |
| Dom | 29/11/2020 | 0 | 0 |
| Lun | 30/11/2020 | 0 | 0 |
| Mar | 01/12/2020 | 17,2 | 23,8 |
| Mer | 02/12/2020 | 4,6 | 6,2 |
| Gio | 03/12/2020 | 0 | 0,4 |
| Ven | 04/12/2020 | 22,8 | 37,2 |
| Sab | 05/12/2020 | 25,2 | 39,2 |
| Dom | 06/12/2020 | 5,0 | 7,0 |
| Lun | 07/12/2020 | 14,0 | 13,2 |
| Mar | 08/12/2020 | 32,2 | 43,0 |
| Mer | 09/12/2020 | 10,0 | 13,2 |
| Gio | 10/12/2020 | 0,6 | 0,2 |
| Ven | 11/12/2020 | 0,2 | 1,4 |
| Totale (mm) | | 144,6 | 206,8 |

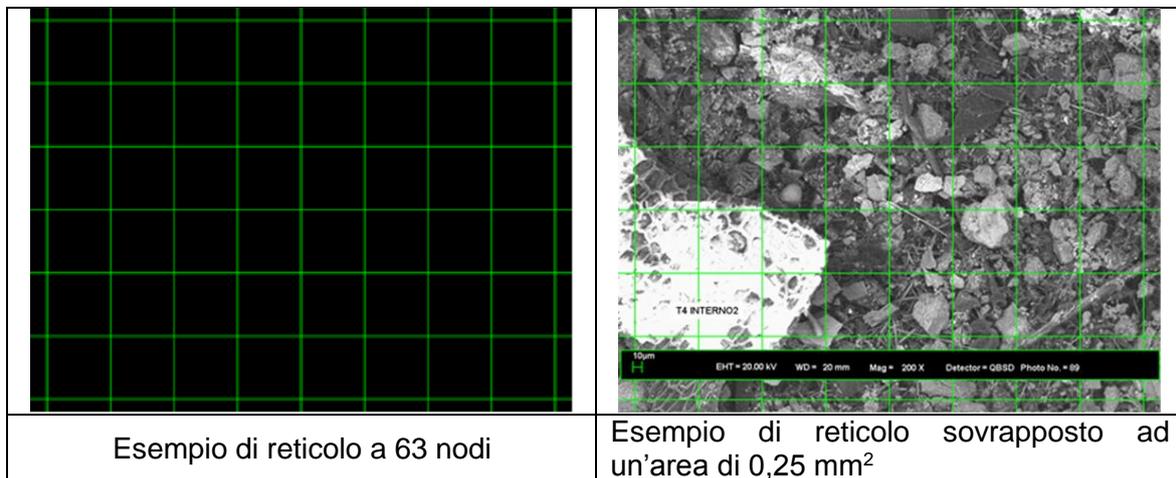
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**
 Via Bombrini 8, 16149 Genova
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.liguria.it
 C.F. e P.IVA 01305930107

APPENDICE 3 – MODALITÀ OPERATIVA UTILIZZATA PER ANALISI AL SEM

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

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

- da ogni filtro ottenuto dalla filtrazione delle deposizioni, si preleva un quarto¹ da destinare alle indagini in SEM;
- lungo la bisettrice di ciascun quarto di filtro si selezionano tre aree di 1 mm² in prossimità dei due estremi (bordo e centro del filtro) e nel punto centrale della bisettrice. Si è ritenuto che questa scelta consentisse di rimanere sufficientemente lontani dai punti di taglio del filtro e nello stesso tempo di analizzare zone differenti per tentare di ovviare alla disomogeneità indotte dalla filtrazione;
- si opera ad un ingrandimento di 200 x, sufficiente per apprezzare particelle di poco superiori ai 10 µm. A questo ingrandimento, per esaminare un'area totale di 1 mm² sono richieste 4 singole letture di un'area pari a 0,25 mm²;
- per effettuare il conteggio delle particelle di carbone ciascuna area di 0,25 mm² è stata suddivisa in quadrati in modo da avere un reticolo di 63 nodi. Tale reticolo è stato sovrapposto a ciascuna area di 0,25 mm² come mostrato nella figura che segue:

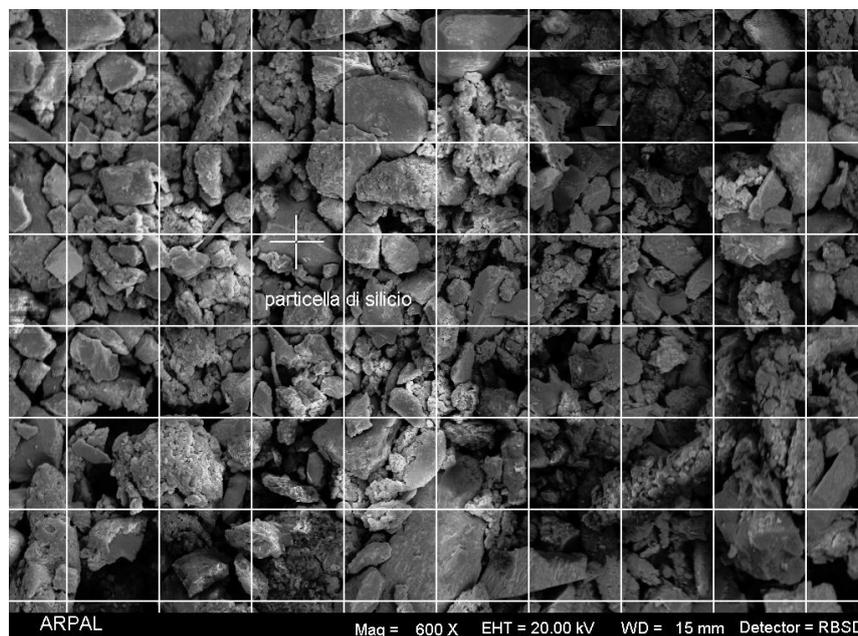
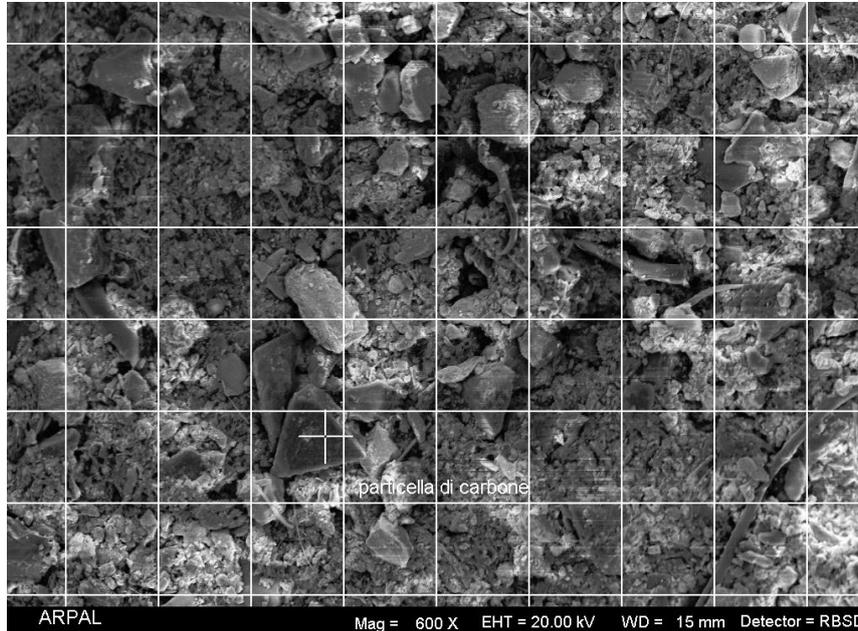


- si procede al conteggio del numero di nodi che cadono all'interno o al bordo di una particella di carbone individuata dallo spettro di microanalisi e dalla morfologia. Come criterio si è adottato il seguente: nel caso di nodi che cadevano all'interno di una particella si è conteggiato un valore di 1, qualora il nodo ricadeva al bordo di una particella si è attribuito un valore di ½. Il rapporto tra il numero di nodi conteggiati e il numero totale dei nodi del reticolo, espresso in termini %, è riferibile all'area visibile al SEM ricoperta da particelle di carbone;
- la media delle % di area ricoperte da particelle di carbone delle tre zone da 1 mm² esaminate è considerata indicativa dell'intero filtro.

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

¹ Gli altri quarti di filtro sono stati destinati alle altre caratterizzazioni di tipo chimico.

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



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

APPENDICE 4 – DATI DI TRAFFICO POSTAZIONE BYPASS

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

Member of CISQ Federation



BYPASS - 20/1 - Estate 2020 - Media dei veicoli per giorno settimana

| Giorno | n | Automobili verso Spezia | Camion + Bus verso Spezia | Automobili verso Lerici | Camion + Bus verso Lerici | Auto totali | Camion + bus totali | Veicoli totali |
|--------|---|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------|---------------------|----------------|
| lun | 3 | 4318 | 357 | 4478 | 382 | 8796 | 738 | 9534 |
| mar | 3 | 4532 | 351 | 4537 | 358 | 9069 | 709 | 9778 |
| mer | 4 | 3921 | 312 | 3870 | 322 | 7791 | 634 | 8426 |
| gio | 4 | 2488 | 189 | 2481 | 188 | 4969 | 377 | 5346 |
| ven | 3 | 4585 | 437 | 4485 | 405 | 9070 | 842 | 9912 |
| sab | 3 | 3992 | 162 | 3914 | 167 | 7906 | 328 | 8234 |
| dom | 3 | 2970 | 95 | 2994 | 122 | 5964 | 217 | 6181 |

BYPASS - 20/2 - Inverno 2020 - Media dei veicoli per giorno settimana

| Giorno | n | Automobili Verso Spezia | Camion+Bus verso Spezia | Automobili verso Lerici | Camion+Bus verso Lerici | Auto totali | Camion + bus totali | Veicoli totali |
|--------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|---------------------|----------------|
| lun | 4 | 2732 | 240 | 2902 | 320 | 5634 | 561 | 6194 |
| mar | 5 | 2539 | 182 | 2607 | 234 | 5146 | 416 | 5562 |
| mer | 5 | 2766 | 294 | 2954 | 356 | 5721 | 650 | 6371 |
| gio | 5 | 2992 | 209 | 3171 | 279 | 6163 | 488 | 6651 |
| ven | 5 | 2748 | 219 | 3191 | 333 | 5939 | 553 | 6492 |
| sab | 4 | 1780 | 143 | 2023 | 174 | 3803 | 316 | 4119 |
| dom | 4 | 1304 | 41 | 1441 | 51 | 2745 | 92 | 2837 |

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

Member of CISQ Federation



APPENDICE 5

DESCRIZIONE DELLE POSTAZIONI

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

| | |
|----------------------------------|---|
| Postazione | 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 |

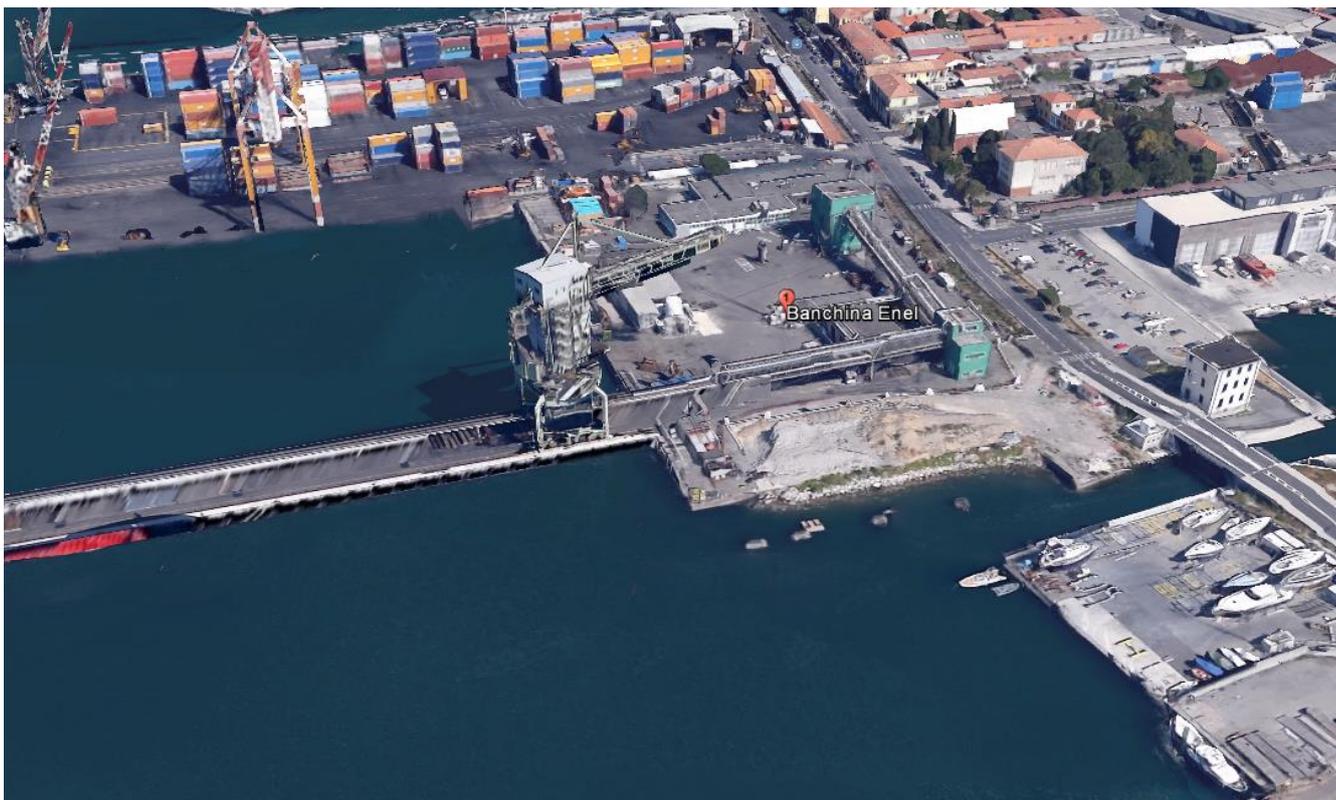


Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è situato nel piazzale adiacente la banchina di movimentazione del carbone della centrale ENEL, in un punto equidistante dalla radice del molo e da Viale S. Bartolomeo, separato però da quest'ultima da un capannone edificio di circa 6 m di altezza. Sul lato S è presente il nastro carbone, nel tratto tra la torre T1 e la torre T2 posta a circa 40 m in direzione NE.

Nel raggio di circa 200 m si segnalano altre attività oltre quella di movimentazione carbone: terminal container (con attracco di navi mercantili) e darsena con attività di cantieristica; i terreni in questo raggio risultano asfaltati eccezion fatta per un'area a S, appena oltre il nastro carbone che presenta un cantiere attivo gestito da AP della Spezia nell'ambito della realizzazione della nuova marina per le imbarcazioni da diporto.

Si segnala a circa 100 m N la postazione RQA di Fossamastra.



| | marca | modello | S/N | note |
|-------------------------------------|---------------|---------|-----|--------------------------------|
| Deposimetro in-organici (**) | Analitica srl | | - | imbuto e bottiglia in plastica |

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 34

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



Note caratteristiche del sito

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

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

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

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

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

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

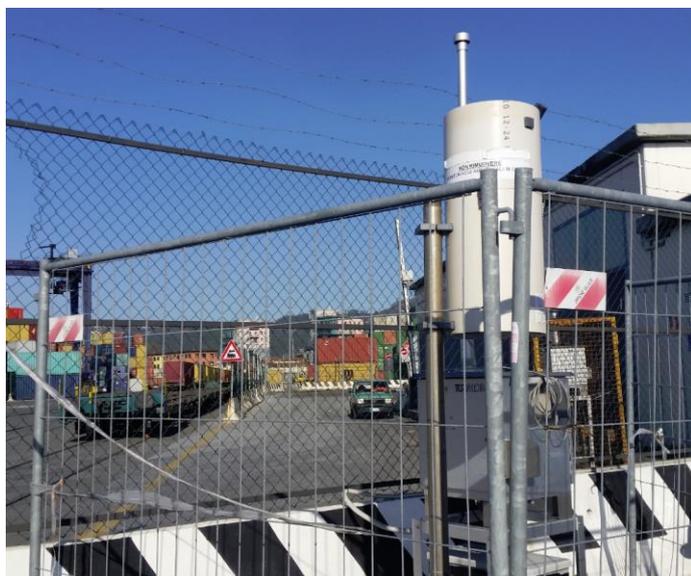


| | marca | modello | S/N | note |
|-------------------------------------|---------------|---------|-----|---|
| Deposimetro organici (*) | Analitica srl | | - | imbuto e bottiglia in Pirex |
| Deposimetro in-organici (*) | Analitica srl | | - | imbuto e bottiglia in plastica |
| Deposimetro in-organici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

(*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 29

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 34

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

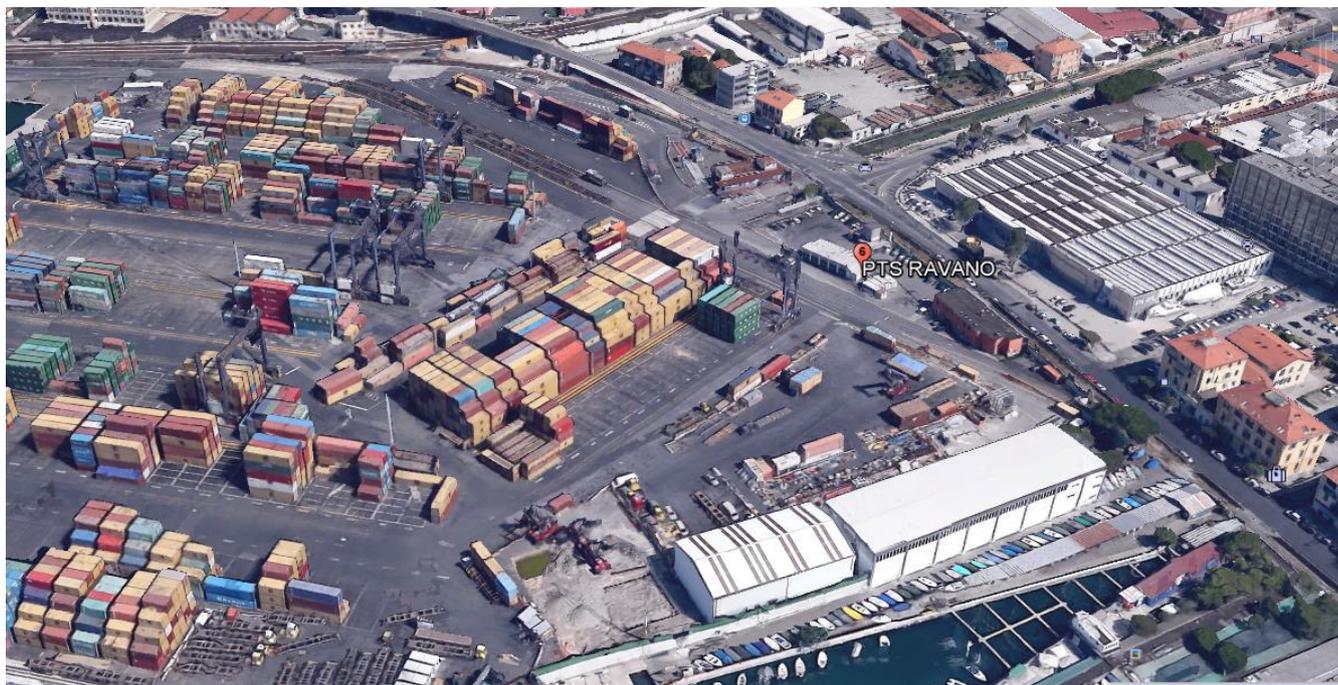


Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è posto all'interno del terminal LSCT, area Ravano, in un'area in prossimità degli uffici doganali.

La zona è caratterizzata da significative attività di movimentazione container con mezzi pesanti: a questo proposito si segnala in direzione N il varco di uscita dal terminal presso il quale si aveva fino all'autunno 2015 la presenza di mezzi pesanti in colonati; a E si sviluppa Viale San Bartolomeo, arteria caratterizzata da intenso traffico veicolare che presenta, a poco più di 60 m, l'incrocio regolato da semaforo con via Valdilocchi, incrocio anch'esso caratterizzato da traffico significativo soprattutto nelle ore di punta.

Si segnala inoltre in area limitrofa a S la presenza dei fasci di binari utilizzati per la formazione dei treni impiegati per la movimentazione container.



| | marca | modello | S/N | note |
|------------------------------------|---------------|---------|-----|--------------------------------|
| Deposimetro in-organici (*) | Analitica srl | | - | imbuto e bottiglia in plastica |

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 34

| | |
|----------------------------------|---|
| 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 |



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 |
| Temperatura aria ¹ | LASTEM | - | - | |
| Velocità e direzione vento ¹ | LASTEM | - | - | rilevato a 4 m |

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 34

¹ dati acquisiti a partire da agosto 2015

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



Note caratteristiche del sito

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

Si evidenzia che nel corso dell'estate 2016 è stato collocato in prossimità barriere in prossimità dell'argine settentrionale del limitrofo carbonile un sistema di barriere utile a contenere i possibili effetti dell'azione eolica.

Nel raggio di circa 200 m i terreni risultano prevalentemente non asfaltati, con presenza di aree prevalentemente boscate. La presenza di molti ostacoli intorno al sito di misura limita la rappresentatività dei dati di vento.



| | marca | modello | S/N | note |
|-------------------------------------|---------------|---------|-----|--------------------------------|
| Deposimetro in-organici (**) | Analitica srl | | - | imbuto e bottiglia in plastica |
| Temperatura aria | LASTEM | - | - | |
| Velocità e direzione vento | LASTEM | - | - | rilevato a 4 m |

(**) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 34

ALLEGATO 1
VALIDAZIONE DEI DATI DI METALLI NEI DEPOSIMETRI

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

Scopo del documento è quello di descrivere le attività effettuate da ARPAL ai fini della validazione delle determinazioni analitiche non direttamente eseguite, relativamente alle campagne di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche effettuate in ottemperanza alla prescrizione P34 (ex 18) dell'AIA.

Si ricorda che nel 2020 (vedi cap. 5 per dettagli) sono stati raccolti 12 campioni di deposizioni. Per quel che concerne la determinazione dei metalli nelle deposizioni si è stabilito che ARPAL eseguisse le determinazioni su un set limitato di campioni dell'ordine almeno del 20%.

ARPAL, in ciascuna delle due campagne, ha eseguito le determinazioni dei metalli (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Tl, V) secondo il seguente schema:

- campagna **P34 20/1** - postazioni di Bypass, Ravano e Bianco;
- campagna **P34 20/2** - postazioni di Banchina ENEL e Torre T4;

Complessivamente sono stati controllati 5 campioni di deposizione su un totale di 12 (42%) deposizioni.

Il confronto tra le misure di ARPAL e quelle di CESI è stato effettuato calcolando una "percentuale di discordanza" tra i due laboratori utilizzando la seguente definizione che offre il vantaggio di essere simmetrica, a meno del segno:

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

I valori delle "percentuali di discordanza", risultanti dall'applicazione della Procedura ARPAL a ciascuna coppia dei risultati analitici, sono riportati nella Tabella seguente.

Usando il criterio del protocollo ARPAL (approvato dall'ISS in data 05/11/03), che prevede per ogni singolo parametro un **intervallo di conformità del 50%**, la percentuale dei campioni da ritenersi complessivamente conformi, considerando le due campagne, è riportata nella tabella che segue:

| Parametro | N° campioni conformi | N° campioni NON conformi | N° campioni Totali | % di conformità |
|---------------|----------------------|--------------------------|--------------------|-----------------|
| Cadmio | 4 | 1 | 5 | 80% |
| Cromo Totale | 5 | 0 | 5 | 100% |
| Piombo | 5 | 0 | 5 | 100% |
| Rame | 5 | 0 | 5 | 100% |
| Arsenico | 4 | 1 | 5 | 80% |
| Vanadio | 5 | 0 | 5 | 100% |
| Manganese | 4 | 1 | 5 | 80% |
| Tallio | 5 | 0 | 5 | 100% |
| Nichel | 5 | 0 | 5 | 100% |
| TOTALE | 42 | 3 | 45 | 93% |

L'indice di validazione conclusivo, che è dato dalla media delle percentuali di conformità di ogni singolo parametro, risulta pari a 93% e dunque maggiore del valore soglia prefissato dal protocollo ARPAL, pari al 70%.

CONCLUSIONI

Come risulta dalla tabella sopra riportata la percentuale di conformità complessiva è del 93%, ampiamente superiore al valore soglia del 70% previsto dalla procedura ARPAL. Si precisa che la procedura non è stata applicata al Mercurio, in quanto le metodiche dei laboratori sono diverse: per questo parametro si è concordato di utilizzare i dati CESI, in quanto il limite di quantificazione del Laboratorio CESI è inferiore rispetto a quello del Laboratorio ARPAL.

Complessivamente, la performance è risultata più che soddisfacente e quindi sono considerate valide, ai fini dell'esecuzione della prescrizione 34 AIA le determinazioni analitiche dei metalli nelle deposizioni atmosferiche fornite dal Laboratorio CESI.