

AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE

COGNE ACCIAI SPECIALI S.P.A.

TAVOLO TECNICO EMISSIONI DIFFUSE

Campagna di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche di polveri e metalli all'interno dello stabilimento - anno 2016



Sommario

1. Obiettivi.....	3
2. Deposizioni atmosferiche ed emissioni diffuse di polveri	4
3. Monitoraggio delle deposizioni atmosferiche all'interno dello stabilimento.....	9
4. Monitoraggio delle immagini fotografiche degli eventi di emissione diffusa	10
5. Le condizioni meteorologiche locali.....	13
6. Analisi integrata dei dati	16
6.1. Premessa	16
6.2. Numerosità e frequenza degli eventi di emissione diffusa.....	16
6.3. Criteri di valutazione delle correlazioni.....	18
6.4. Influenza degli eventi di emissione diffusa sulle deposizioni nei diversi siti	19
6.5. Influenza degli eventi di emissione diffusa sulle deposizioni nel sito CAS-C	21
6.6. Influenza degli eventi CB3 sulle deposizioni nel sito CAS-C	23
6.7. Influenza dei venti sulla dispersione delle emissioni diffuse.....	24
6.8. Risospensione e dispersione delle polveri ad opera dei venti	27
6.9. Trasporto degli inquinanti all'esterno dello stabilimento da parte dei venti	32
6.10. Influenza dei venti di foehn nei siti CAS-Q e CAS-M.....	34
6.11. Analisi approfondite dei singoli metalli	36
7. Conclusioni	41

1. Obiettivi

La campagna di monitoraggio è stata condotta da ARPA Valle d'Aosta nell'ambito dei lavori del tavolo tecnico sulle emissioni diffuse previsto dall'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata alla Cogne Acciai Speciali S.p.a. (di seguito CAS).

L'obiettivo del monitoraggio è acquisire informazioni sulle dinamiche di fuoriuscita e di successiva dispersione nell'ambiente delle emissioni diffuse di polveri dal reparto acciaieria.

A differenza delle emissioni convogliate, nel caso delle emissioni diffuse non è possibile quantificare direttamente mediante delle misurazioni il flusso di sostanze inquinanti immesso nell'ambiente.

È tuttavia possibile condurre un monitoraggio indiretto attraverso la misura delle deposizioni atmosferiche nei dintorni dello stabilimento, considerando che le polveri emesse per via diffusa ricadono prevalentemente a poca distanza dalla zona di emissione.

La tecnica di misura delle deposizioni atmosferiche risulta particolarmente adatta in quanto permette di determinare le polveri totali, considerando che le emissioni diffuse, sfuggendo dai sistemi di captazione e non essendo trattate dai filtri, comprendono l'intero spettro granulometrico delle polveri, incluse le frazioni più grossolane.

I risultati delle misure di deposizione vengono analizzati e incrociati con i dati di intensità e direzione dei venti e con i fotogrammi degli eventi di emissione diffusa acquisiti da una telecamera appositamente installata all'esterno dello stabilimento.

L'analisi integrata dei dati permette di ottenere indicazioni utili alla progettazione di strategie di monitoraggio mirate per la valutazione dell'efficienza di captazione delle emissioni diffuse in relazione all'applicazione delle azioni di contenimento prescritte dall'AIA.

2. Deposizioni atmosferiche ed emissioni diffuse di polveri

L'impatto delle emissioni diffuse dello stabilimento CAS sull'ambiente esterno risulta evidente dal confronto tra i valori di deposizione atmosferica misurati nei siti di misura nel territorio urbano di Aosta (Figura 1).



Figura 1 – Siti di misura delle deposizioni atmosferiche all'esterno dello stabilimento CAS e indicazione del reparto acciaieria (ACC) e del reparto scorie (SC)

I siti di misura sono così individuati:

- Aosta-Pépinrière (AO-PEP), sito industriale in cui, in base agli studi di simulazione modellistica, l'impatto delle emissioni diffuse dello stabilimento CAS è considerato prevalente rispetto alle altre fonti urbane;
- Aosta-Plouves (AO-PL), sito di fondo urbano in cui l'impatto delle emissioni diffuse è considerato sensibile rispetto alle altre fonti urbane;
- Aosta-Liconi (AO-LIC), sito di fondo urbano in cui l'impatto delle emissioni diffuse è considerato trascurabile rispetto alle altre fonti urbane.

Nei grafici riportati nella Figura 2 seguente vengono confrontati i valori medi annuali misurati nel corso del 2016 di deposizione atmosferica di polvere totale, di nichel e di cromo che sono i principali costituenti degli acciai inossidabili prodotti dalla CAS.

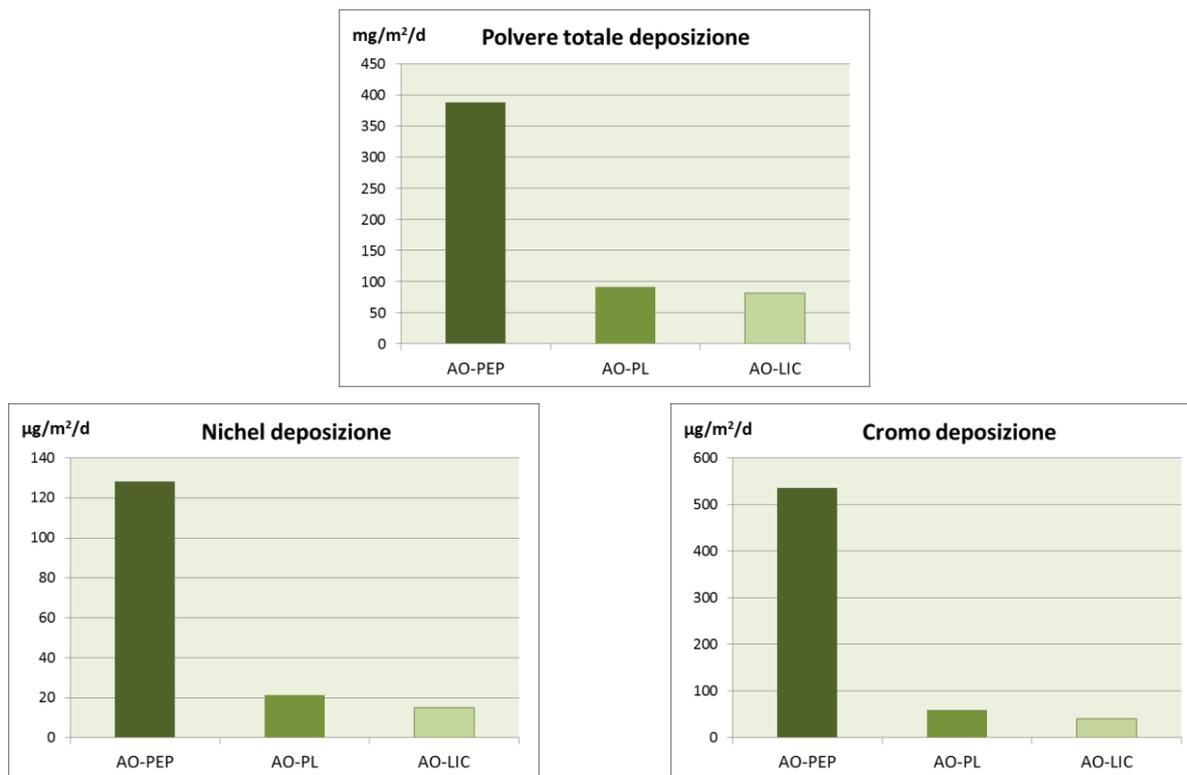


Figura 2 – Valori medi annuali di deposizione atmosferica riferiti all'anno 2016. I valori del sito industriale AO-PEP sono molto superiori rispetto a quelli dei siti di fondo urbano AO-PL e AO-LIC

I valori di deposizione del sito industriale Aosta-Pépinrière (AO-PEP) sono sensibilmente superiori rispetto a quelli dei due siti urbani Aosta-Plouves (AO-PL) e Aosta-Liconi (AO-LIC), che invece sono confrontabili tra loro.

Se per la deposizione di polvere totale questa differenza può essere ricondotta anche alla presenza del reparto scorie in vicinanza del sito AO-PEP, nel caso di cromo e nichel la principale fonte di emissione è costituita dal reparto acciaieria. Le differenze tra i valori di deposizione di cromo e nichel dei siti AO-PEP e AO-PL sono notevoli se si tiene conto che i due siti sono posti a distanza confrontabile (circa 500 m) dal reparto acciaieria (Figura 3).



Figura 3 – Distanza dei siti di misura AO-PEP e AO-PL dal reparto acciaieria dello stabilimento CAS

Tale differenza risulta molto meno evidente nel caso del PM10 e dei metalli nel PM10 (Figura 4).

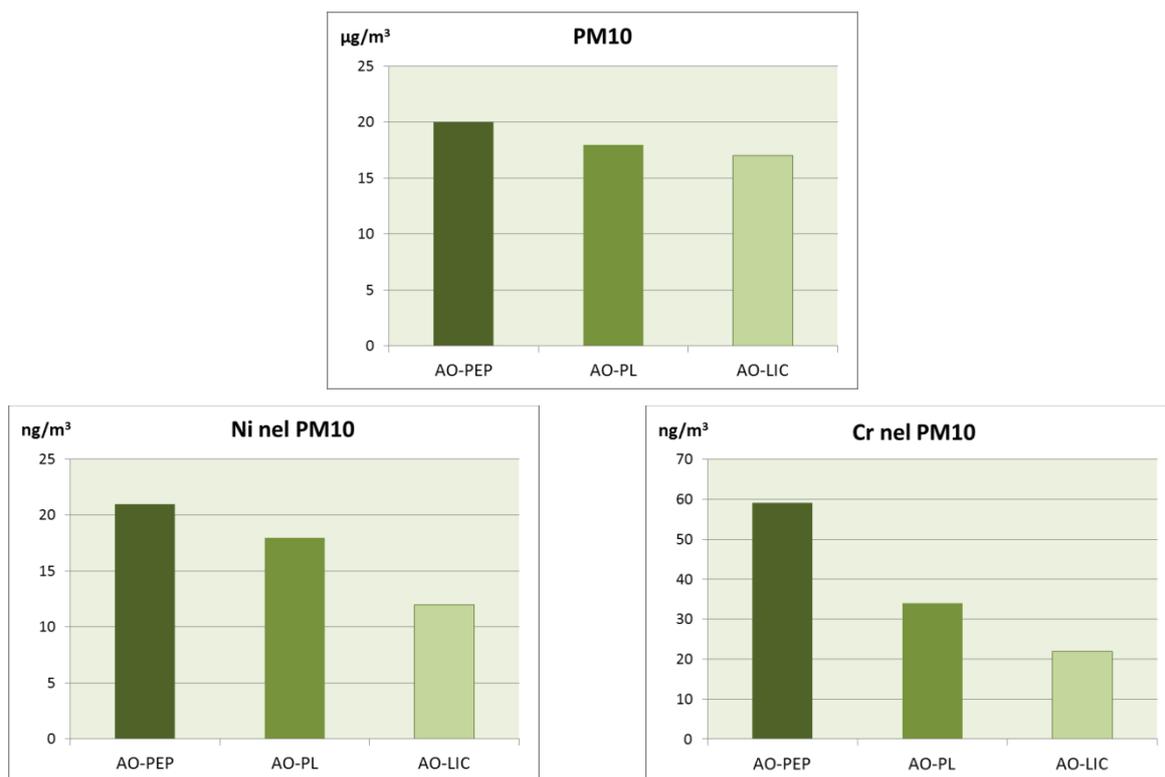


Figura 4 – Valori medi annuali di PM10 e metalli nel PM10 riferiti all'anno 2016. La differenza tra i valori misurati nel sito industriale AO-PEP e quelli dei siti di fondo urbano AO-PL e AO-LIC è molto meno marcata rispetto alle deposizioni

La differenza tra i valori di AO-PEP e AO-PL è più marcata nel caso delle deposizioni perché, a differenza del PM10, esse comprendono anche le frazioni più grossolane del particolato che hanno un peso fondamentale nel determinare la massa degli inquinanti nel campione di deposizione. Le particelle più grossolane sono connesse alle emissioni diffuse che, a differenza delle emissioni convogliate che fuoriescono dai camini, non passano attraverso i filtri di abbattimento che trattengono le particelle più grossolane.

Le differenze tra i valori medi di deposizione nel sito AO-PEP e nel sito AO-PL variano molto da metallo a metallo, come emerge chiaramente dal grafico di Figura 5 in cui i valori di AO-PEP sono espressi come rapporto rispetto ai corrispondenti valori di AO-PL.

I valori medi di deposizione in AO-PEP sono superiori di almeno due volte rispetto a quelli di AO-PL per tutti i metalli. Il metallo che presenta la maggiore differenza è il cromo, assieme al magnesio (rapporto 9:1 circa). Per altri metalli che sono considerati markers del ciclo produttivo della CAS (nicel, molibdeno, calcio, manganese) il rapporto tra i due siti è compreso tra 5:1 e 6:1. Anche cadmio e arsenico, che possono essere presenti nel rottame come contaminanti, mostrano una differenza elevata tra i due siti (circa 4,5:1).

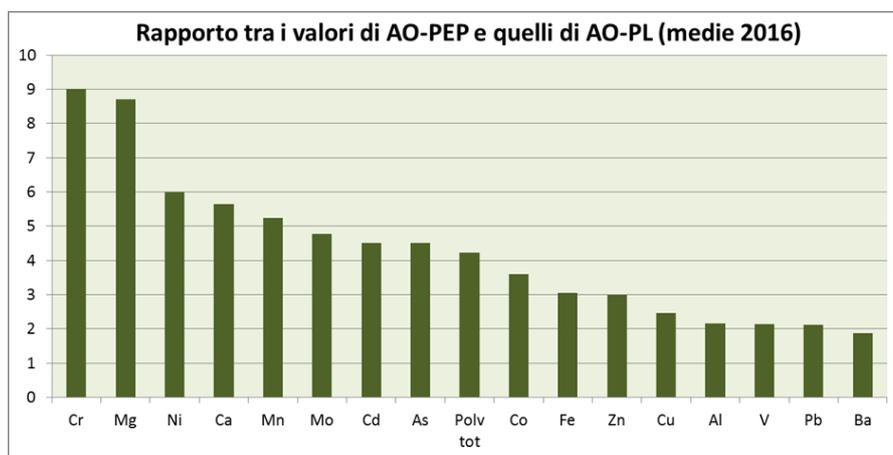


Figura 5 – Valori medi annuali di deposizione atmosferica di polveri e metalli di AO-PEP espressi come rapporto rispetto ai corrispondenti valori misurati nel sito di fondo urbano di AO-PL. I valori sono riportati in ordine decrescente

La marcata differenza tra i valori di deposizione nei due siti è da ricondurre alla loro posizione rispetto allo stabilimento CAS e all'azione di trasporto degli inquinanti da parte dei venti.

I venti più frequenti che caratterizzano la valle centrale di Aosta sono costituiti dai venti di brezza, che soffiano lungo l'asse vallivo in direzione est-ovest e dai venti di foehn che provengono da nord-ovest (Figura 6).

Il sito AO-PEP risente della ricaduta sia delle polveri provenienti dal reparto acciaieria trasportate dai venti di foehn (provenienti da nord-ovest), sia delle polveri provenienti dal reparto scorie trasportate dalla brezza di valle (proveniente da est).

Il sito AO-PL, essendo localizzato a nord rispetto allo stabilimento, risulta sopra vento per la maggior parte delle ore dell'anno rispetto allo stabilimento CAS.

Le condizioni di calma di vento comportano una dispersione uniforme delle polveri nei dintorni dello stabilimento e pertanto determinano ricadute delle emissioni confrontabili nei siti AO-PL e AO-PEP.



Figura 6 – Principali direzioni di provenienza dei venti nella piana di Aosta. Il sito AO-PEP risulta sottovento rispetto allo stabilimento CAS per effetto di trasporto dei venti di foehn e di brezza di valle. Il sito AO-PL risulta invece sopravento rispetto allo stabilimento CAS per le condizioni di vento illustrate

Occorre inoltre considerare che nel caso delle polveri più grossolane l'effetto di trasporto dei venti è più evidente e direzionato rispetto alle polveri più fini, sulle quali invece tende a prevalere l'effetto di dispersione. Inoltre il fenomeno di risospensione delle polveri sedimentate al suolo e sulle superfici da parte dei venti risulta avere un effetto a corto raggio per le polveri grossolane e a raggio più lungo per le polveri sottili.

La necessità di affinare le strategie di monitoraggio per una valutazione mirata dell'efficacia delle azioni di contenimento delle emissioni diffuse messe in atto dalla CAS ha indotto ARPA a integrare i monitoraggi all'esterno dello stabilimento con una campagna di monitoraggio delle deposizioni

all'interno dello stabilimento. Nei paragrafi seguenti vengono illustrate le attività di monitoraggio condotte e l'analisi integrata dei risultati delle misure di deposizione, dei dati dei venti e delle immagini degli eventi di emissione diffusa acquisite dalla telecamera.

3. Monitoraggio delle deposizioni atmosferiche all'interno dello stabilimento

La campagna di monitoraggio è stata condotta da gennaio a dicembre 2016 in 4 punti all'interno dello stabilimento CAS, tre dei quali localizzati in prossimità del reparto acciaieria (Figura 7):

- il sito CAS-C posto sul tetto del locale caldaia a pochi metri di distanza dal reparto acciaieria; tale sito è stato soppresso in data 12/08/2016 per cause di forza maggiore legate all'esecuzione di lavori di rifacimento edilizio del locale e sostituito dal sito CAS-W;
- il sito CAS-W posto sul tetto di una cabina in calcestruzzo, posizionata ad ovest del reparto acciaieria, attivato a partire dal 16/08/2016 in sostituzione del sito CAS-C;
- il sito CAS-Q posto sul tetto della palazzina che ospita gli uffici del reparto qualità, situato in direzione nord-ovest rispetto al reparto acciaieria;
- il sito CAS-M, posto nei pressi del locale che ospita la mensa aziendale dello stabilimento, situato in direzione est rispetto al reparto acciaieria in prossimità del confine dello stabilimento con l'area urbana.



Figura 7 – Siti di misura delle deposizioni atmosferiche all'interno dello stabilimento CAS con indicazione del reparto acciaieria e del reparto trattamento scorie che costituiscono le principali fonti di emissione diffusa di polveri. AO-PEP (Aosta-Pépinière) e AO-PL(Aosta-Plouves) sono siti di misura delle deposizioni atmosferiche del territorio urbano



Figura 8 – Siti di misura delle deposizioni atmosferiche sul terrazzo della palazzina Qualità (CAS-Q, foto a sinistra) e nei pressi del locale mensa (CAS-M, foto a destra)

Il monitoraggio è stato condotto dal 01/01/2016 al 28/12/2016, in 51 periodi consecutivi di durata pari a 7 giorni, a partire dal lunedì mattina, ad esclusione del primo e dell'ultimo periodo della campagna la cui durata è stata rispettivamente di 11 e di 9 giorni (in corrispondenza dei periodi di chiusura dello stabilimento per i periodi natalizi).

Le misure di deposizione sono state condotte secondo il metodo UNI EN 15841:2010 (*“Metodo normalizzato per la determinazione di arsenico, cadmio, piombo e nichel nelle deposizioni atmosferiche”*), metodo di riferimento previsto dal Dlgs 155/2010 e s.m.i.. Il metodo è stato messo a punto dal laboratorio ARPA per estenderne l'applicazione anche agli altri metalli.

Oltre ai metalli utilizzati nella produzione dell'acciaio (Fe, Cr, Ni, Mn, Co, Mo, V) vengono ricercati anche i componenti della scoria che è un materiale fondamentale nella produzione dell'acciaio (Ca, Mg, Al, Ba, Na) e i metalli che possono essere presenti come impurezze nel rottame avviato alla fusione (As, Cd, Pb, Cu, Zn). In totale i metalli ricercati sono 17.

Oltre alla determinazione dei metalli, è stata introdotta anche la determinazione della polvere totale nei campioni di deposizione, che risulta di interesse per la valutazione della ricaduta della quantità totale di polvere emessa dallo stabilimento.

4. Monitoraggio delle immagini fotografiche degli eventi di emissione diffusa

A partire dal 2015 l'Assessorato al Territorio e Ambiente della Regione Autonoma Valle d'Aosta ha provveduto ad installare una telecamera fissa da esterno per il monitoraggio delle emissioni diffuse provenienti dal reparto acciaieria dello stabilimento CAS (Figura 9).



Figura 9 – Vista dall'alto dello stabilimento CAS con indicazione del reparto acciaieria e del punto di installazione della telecamera

La telecamera, in funzione 24/24 ore, è del tipo a infrarossi e consente anche la visione delle immagini notturne ed è stata programmata per l'acquisizione di una immagine fotografica ogni 5 minuti. Nella Figura 10 viene riportata l'immagine del reparto acciaieria inquadrata dalla telecamera con l'indicazione di tre diverse zone di uscita delle emissioni diffuse di polveri, così individuate:

- blocco torre (BT) in corrispondenza del quale è presente il forno fusorio UHP;
- secondario AOD (SA) in corrispondenza del quale è presente il convertitore AOD;
- capannone basso (CB) in corrispondenza del quale sono presenti i sistemi di colata dell'acciaio liquido in lingotti.



Figura 10 – Vista del reparto acciaieria dello stabilimento CAS acquisita dalla telecamera con indicazione delle tre diverse zone di uscita delle emissioni diffuse

Gli eventi di emissione diffusa sono stati catalogati secondo tre livelli di intensità:

- intensità lieve (livello 1)
- intensità media (livello 2)
- intensità elevata (livello 3).

Tutte le immagini acquisite dalla telecamera nell'intero anno solare 2016 sono state esaminate singolarmente ed è stata effettuata l'annotazione e la classificazione dei singoli eventi utilizzando un codice di etichettatura alfanumerico definito in base alla zona di provenienza e all'intensità dell'emissione. Ad esempio il codice BT1 identifica un evento di intensità lieve proveniente dal blocco torre, il codice SA3 identifica un evento di intensità elevata proveniente dal secondario AOD e così via. Nelle figure seguenti vengono riportate 4 immagini esemplificative di eventi di emissione diffusa provenienti dal blocco torre.



Figura 11 – Evento diurno di emissione diffusa proveniente dal blocco torre di intensità 1-lieve (BT1)



Figura 12 – Evento diurno di emissione diffusa proveniente dal blocco torre di intensità 2-media (BT2)



Figura 13 – Evento diurno di emissione diffusa proveniente dal blocco torre di intensità 3-elevata (BT3)



Figura 14 – Evento notturno di emissione diffusa proveniente dal blocco torre di intensità 2-media (BT2)

5. Le condizioni meteorologiche locali

Nel territorio della valle centrale della Valle d'Aosta è possibile individuare alcune situazioni meteorologiche tipiche determinate dall'interazione tra la situazione meteorologica a scala sinottica e l'orografia complessa:

- condizioni di stabilità atmosferica (STAB), legate al fenomeno dell'inversione termica causata dall'intenso raffreddamento della superficie terrestre nei periodi anticiclonici invernali e caratterizzate da temperature nel fondovalle inferiori a quelle in quota, calma di vento ed elevati valori di umidità nello strato di inversione;

- condizioni di circolazione di brezza (BREZZA), innescata dall'intenso irraggiamento solare tipico delle giornate primaverili-estive e caratterizzata da una inversione della direzione del vento tra il giorno (da valle, ovvero da est) e la notte (da monte, ovvero da ovest);
- i venti incanalati, che si distinguono in venti incanalati entranti (IN EN) (provenienti da est) e venti incanalati uscenti (IN US) (provenienti da ovest), sono caratterizzati da una direzione del vento che si mantiene costante per tutta la giornata e sono dovuti al fatto che le catene montuose obbligano i flussi atmosferici a scala sinottica ad incanalarsi nelle valli;
- i venti di foehn (FOEHN), causati dall'esistenza di un elevato gradiente barico tra i due versanti della catena alpina e caratterizzati da vento forte a raffiche, temperatura mite e bassa umidità relativa.

Escludendo le giornate caratterizzate dalla presenza di perturbazioni piovose e nevose (PERT) e le giornate caratterizzate da regimi di vento complessi non catalogabili secondo le suddette tipologie (NC), è possibile classificare ogni giornata dell'anno secondo una delle 5 situazioni meteorologiche sopra descritte.

Facendo riferimento all'anno solare 2016 si ottiene una distribuzione delle giornate dell'anno secondo il grafico della Figura 15 seguente. Dal grafico emerge come la situazione meteorologica più frequente sia costituita dalle condizioni di venti di brezza, seguita dalle condizioni di stabilità atmosferica e dai venti di foehn.

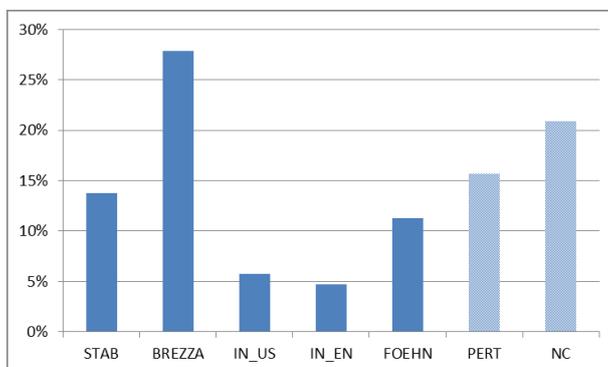


Figura 15 – Distribuzione % delle giornate dell'anno 2016 secondo le situazioni meteorologiche locali tipiche

Le condizioni di stabilità atmosferica si verificano prevalentemente nel periodo invernale, mentre le condizioni di brezza caratterizzano il periodo primaverile-estivo. I venti di foehn, invece, non hanno carattere stagionale e sono legati alla presenza di tempo perturbato nei territori del versante opposto delle Alpi.

Per indagare l'influenza dell'azione dei venti vengono presi a riferimento i dati di velocità e direzione del vento misurati dalla stazione meteo annessa alla stazione di qualità dell'aria di Aosta-Pépinère (Figura 16). I dati di precipitazione atmosferica utilizzati nell'analisi statistica sono invece quelli del pluviometro presente nella stazione di qualità dell'aria di Aosta-Plouves (AO-PL), in quanto la stazione meteo di AO-PEP non ne è dotata.

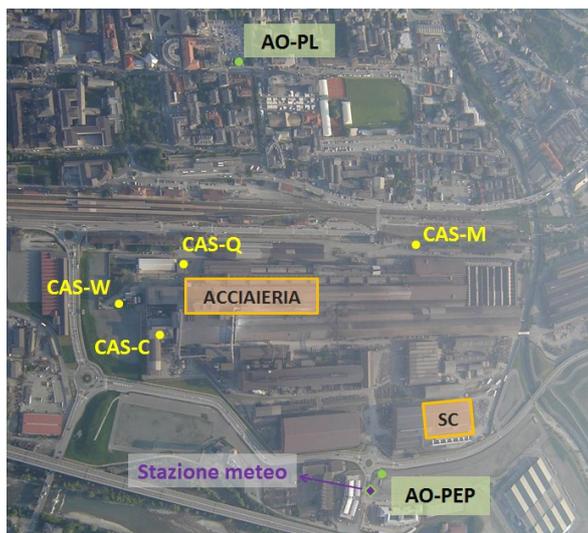


Figura 16 – Localizzazione della stazione meteo presa a riferimento per l'acquisizione dei dati di velocità e direzione del vento

Nella Figura 17 viene riportata la distribuzione % delle ore dell'anno per direzione di provenienza del vento; nel 20% circa delle ore dell'anno si hanno condizioni di calma di vento ($v < 0,5$ m/s), concentrate prevalentemente nei mesi invernali (novembre, dicembre, gennaio).

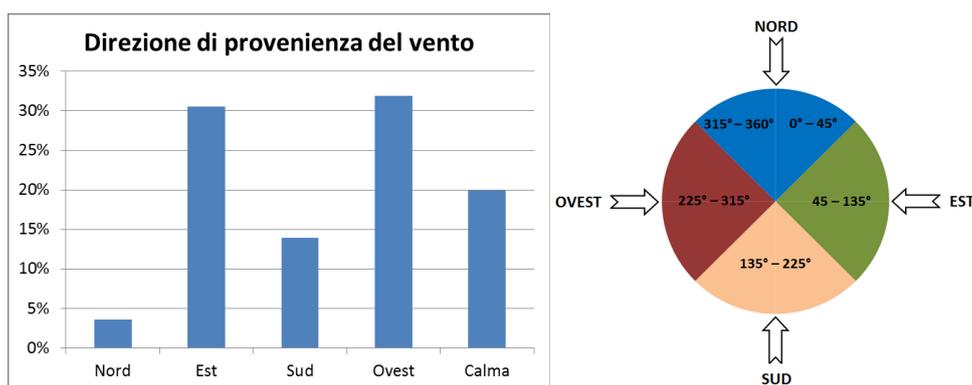


Figura 17 – Distribuzione della direzione di provenienza del vento (% di ore dell'anno) con distinzione delle condizioni di calma ($v < 0,5$ m/s). Nella figura a destra viene schematizzato il criterio adottato per discriminare le direzioni di provenienza del vento

Il vento soffia pertanto prevalentemente nelle direzioni est-ovest, parallelamente all'asse vallivo, in relazione alla prevalenza dei venti di brezza.

La presenza non trascurabile di una percentuale di ore di vento proveniente da sud potrebbe essere ricondotta presumibilmente a correnti ventose locali determinate dalla presenza di edifici nei dintorni della stazione meteo di AO-PEP.

Nell'analisi statistica si è concentrata l'attenzione sulle ore di vento da est e da ovest, considerate come le condizioni più influenti sulla dispersione delle emissioni diffuse di polveri in relazione al posizionamento dei siti di misura interni allo stabilimento.

6. Analisi integrata dei dati

6.1. Premessa

Nel presente capitolo vengono riassunte le principali informazioni dedotte dall'analisi integrata dei risultati delle attività di monitoraggio sopra descritte.

In primo luogo vengono illustrati i risultati del monitoraggio dei fotogrammi relativi agli eventi di emissione diffusa acquisiti dalla telecamera; quindi viene condotta l'analisi delle correlazioni tra gli eventi di emissione diffusa e i valori di deposizione; infine viene analizzata l'influenza dei venti sulla dispersione delle polveri derivanti dalle emissioni diffuse.

Il report esteso relativo a tutte le analisi statistiche condotte è riportato nell'Allegato 1 alla presente relazione.

6.2. Numerosità e frequenza degli eventi di emissione diffusa

Nel corso del 2016 sono stati osservati complessivamente (vedi Allegato 1 – capitolo 3):

- 8355 eventi di intensità 1-lieve (mediamente 164 eventi/settimana);
- 1774 eventi di intensità 2-media (mediamente 35 eventi/settimana);
- 86 eventi di intensità 3-elevata (mediamente 1,7 eventi/settimana).

Se gli eventi di intensità 1-lieve risultano talvolta appena percepibili dall'esame visivo dei fotogrammi, gli eventi di intensità 2 e 3, invece, sono più vistosi e danno la sensazione di provocare un'emissione considerevole di polveri nell'ambiente. Gli eventi di intensità 1 sono tuttavia molto più numerosi di quelli di intensità 2 e 3 e pertanto si presume che possano comportare complessivamente un impatto di entità confrontabile con gli episodi più vistosi.

Nel corso del 2016 gli eventi di emissione diffusa si sono verificati con regolarità nel corso di tutte le settimane dell'anno in cui il reparto acciaieria è stato attivo.

Nel periodo marzo-giugno gli eventi sono risultati più frequenti rispetto al restante periodo dell'anno, come emerge chiaramente dal grafico della Figura 18, nel quale viene rappresentato il numero di eventi come scostamento dalla media settimanale dell'anno.

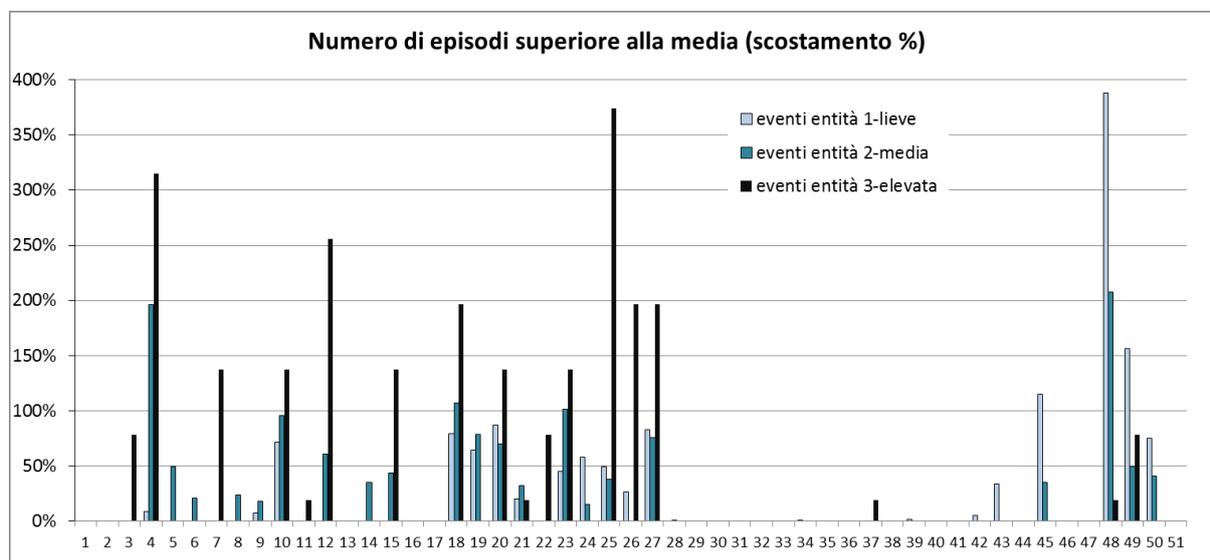


Figura 18 – Numero di eventi di emissione diffusa superiore alla media. I valori sono espressi come scostamento percentuale rispetto alla media settimanale per ognuno dei tre livelli di intensità

Nello stesso periodo anche i valori di deposizione misurati nei siti interni CAS-C, CAS-Q e CAS-M sono risultati più elevati rispetto al valore medio settimanale della campagna annuale (Figura 19).

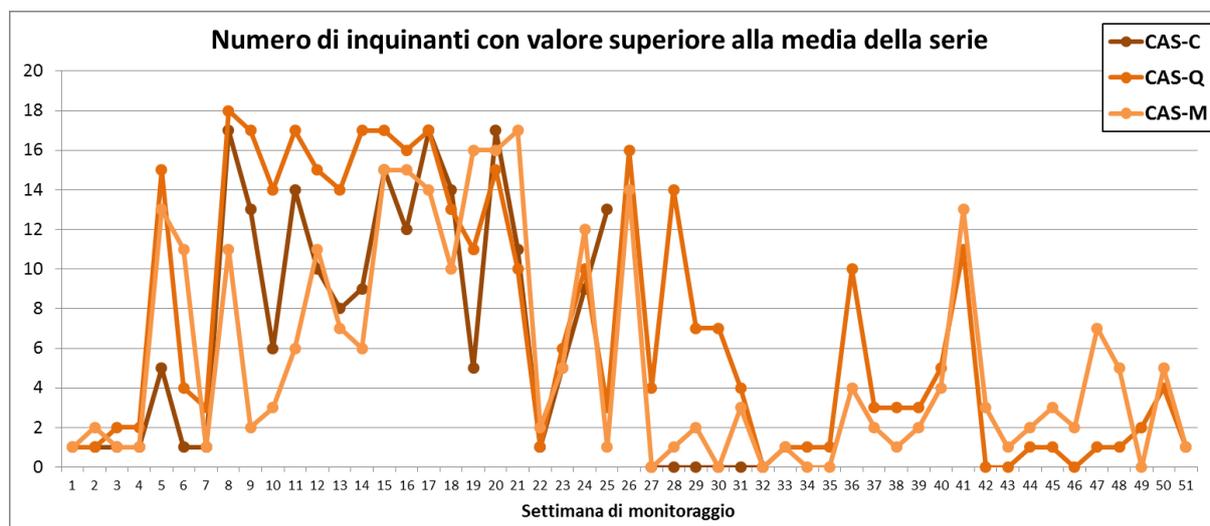


Figura 19 – Rappresentazione grafica del parametro “numero di inquinanti con valore di deposizione superiore alla media della serie”

Il periodo marzo-giugno è stato caratterizzato anche da una maggiore ventosità rispetto al restante periodo dell'anno.

Tali coincidenze inducono a pensare al fatto che i valori di deposizione nei siti interni vengano influenzati sia dagli eventi di emissione diffusa che dall'azione dei venti.

6.3. Criteri di valutazione delle correlazioni

Per verificare l'influenza degli eventi di emissione diffusa sulle deposizioni si ricorre all'analisi delle correlazioni.

Con il termine "correlazione" si intende una relazione tra due variabili statistiche tale che a ciascun valore della prima variabile corrisponde, con una "certa regolarità", un valore della seconda.

Per valutare l'esistenza di una correlazione i dati delle due variabili vengono rappresentati in un piano cartesiano tramite un diagramma di dispersione (detto anche "scatterplot") in cui le coppie di valori delle due variabili vengono rappresentate mediante dei punti. Quanto più i punti appaiono allineati lungo una retta tanto più è evidente la correlazione tra le due variabili. La correlazione è invece nulla se i punti sono dispersi uniformemente nel piano.

Il grado di correlazione tra due variabili viene espresso mediante i cosiddetti indici di correlazione. L'indice più utilizzato è il coefficiente "r" di Pearson, che è un indice che fornisce informazioni in merito alla direzione e alla forza della correlazione tra due variabili.

Il valore del coefficiente è compreso tra -1 e 1. Valori positivi indicano una correlazione lineare positiva tra le due variabili, valori negativi indicano una correlazione lineare negativa, il valore zero indica l'assenza di correlazione.

Non c'è un criterio matematico o statistico oggettivo per la valutazione del grado di correlazione. La prassi ha portato a stabilire una serie di convenzioni e di conseguenza in letteratura sono reperibili diversi criteri di interpretazione del valore del coefficiente di correlazione. Sta a chi fa l'analisi dei dati scegliere il criterio più opportuno, in relazione alle finalità dello studio, alla qualità dei dati e alla natura dei fenomeni oggetto di osservazione.

Nel presente lavoro vengono presi a riferimento i criteri riportati nella Figura 20 seguente.

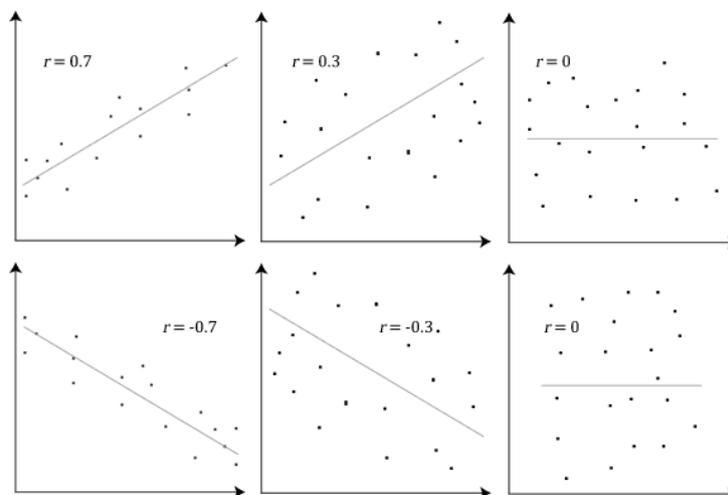


Figura 20 – Interpretazioni del coefficiente di correlazione “r” di Pearson. Nel caso di correlazioni positive tra le variabili, per $r > 0,7$ la correlazione è evidente; per $r > 0,3$ la correlazione è visibile; per $r = 0$ la correlazione è assente

Il criterio di valutazione scelto prevede che:

- nel caso di valori di indice di correlazione $0,3 < r \leq 0,7$ parliamo di “correlazione positiva visibile” (oppure per $-0,7 \leq r < -0,3$ di “correlazione negativa visibile”);
- nel caso di valori di indice di correlazione $r > 0,7$ parliamo di “correlazione positiva evidente” (oppure per $r < -0,7$ di “correlazione negativa evidente”).

6.4. Influenza degli eventi di emissione diffusa sulle deposizioni nei diversi siti

Incrociando i dati degli eventi di emissione diffusa con le misure di deposizione nel sito CAS-C si ottiene la matrice della Figura 21 seguente, nella quale vengono indicati i valori del coefficiente “r” di Pearson di ogni coppia di variabili costituita dal valore di deposizione dei singoli metalli e del numero di eventi osservati suddivisi per zona di provenienza e per entità. I valori delle due variabili sono su base temporale settimanale.

Per le correlazioni che coinvolgono i dati delle osservazioni degli eventi di emissione diffusa, tenendo conto che si tratta di una traduzione in termini quantitativi di informazioni qualitative ottenute attraverso osservazioni soggettive di tipo visivo, si è deciso di considerare significativi valori dell'indice di correlazione superiori a 0,30 ($r > 0,30$), corrispondenti a “correlazioni positive visibili” e valori dell'indice di correlazione inferiori a -0,30 ($r < -0,30$), corrispondenti a “correlazioni negative visibili”.

	CAS-C	Polv tot	Al	As	Ba	Cd	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Cu	Na	V	Zn
1	BT1	0,22	-0,11	-0,10	-0,10	0,36	0,16	0,44	0,25	0,03	0,17	0,30	0,10	0,20	0,06	-0,12	-0,12	0,25	0,10
	SA1	0,32	0,03	0,02	0,05	0,40	0,29	0,51	0,39	0,20	0,31	0,39	0,20	0,30	0,19	-0,04	-0,23	0,37	0,15
	CB1	0,35	0,05	0,19	0,07	0,52	0,32	0,34	0,30	0,21	0,35	0,46	0,27	0,35	0,25	0,03	-0,30	0,35	0,20
2	BT2	0,07	-0,27	-0,20	-0,21	0,25	0,11	0,18	0,00	-0,17	0,02	0,09	-0,03	-0,01	-0,07	-0,27	0,16	-0,02	0,04
	SA2	0,12	-0,09	-0,01	-0,05	0,15	0,22	0,01	-0,05	0,00	0,05	0,13	0,08	0,06	-0,11	-0,13	0,23	-0,06	0,29
	CB2	0,18	-0,14	-0,07	-0,07	0,17	0,23	0,16	0,09	0,01	0,08	0,22	0,20	0,12	-0,04	-0,13	0,04	0,07	0,24
3	BT3	-0,13	-0,18	-0,18	-0,25	-0,13	-0,04	0,09	0,11	-0,06	-0,05	-0,02	-0,03	0,04	-0,36	-0,19	0,30	0,00	-0,03
	SA3	0,05	0,02	0,01	-0,06	-0,04	0,06	0,04	-0,01	0,05	-0,04	0,04	0,25	0,04	-0,09	0,04	0,12	-0,03	0,25
	CB3	0,21	-0,02	-0,02	-0,08	-0,02	0,09	0,61	0,37	0,08	-0,04	0,23	0,17	0,25	-0,05	0,02	-0,17	0,35	0,12

Figura 21 – Matrice di correlazione delle deposizioni atmosferiche nel sito CAS-C e del numero di eventi di emissione diffusa suddivisi per zona di provenienza (BT, SA, CB) e intensità (1, 2, 3). In grassetto sono evidenziati i casi in cui $r > 0,3$

Si osservano numerose correlazioni positive visibili per gli eventi di intensità 1-lieve. Gli eventi di intensità 2-media e 3-elevata, invece, non mostrano correlazioni visibili con i valori di deposizione, ad eccezione degli eventi CB3 che appaiono correlati con le deposizioni di cobalto, cromo e vanadio (queste correlazioni vengono approfondite nel paragrafo successivo).

Prendendo in considerazione la matrice di correlazione per il sito CAS-Q (Figura 22), si nota invece l'assenza di correlazioni con gli eventi di intensità 1-lieve e la presenza di alcune correlazioni con gli eventi di intensità 2 e 3.

	CAS-Q	Polv tot	Al	As	Ba	Cd	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Cu	Na	V	Zn
1	BT1	-0,01	-0,08	-0,01	0,05	-0,11	0,04	0,15	0,06	-0,10	-0,04	-0,06	-0,05	0,00	-0,08	-0,04	-0,17	0,03	-0,10
	SA1	-0,08	-0,08	-0,01	0,02	-0,14	0,01	0,13	0,06	-0,09	-0,04	-0,06	-0,03	0,01	-0,07	-0,04	-0,20	0,05	-0,09
	CB1	-0,07	-0,04	-0,02	-0,01	-0,11	-0,03	0,00	0,00	-0,08	0,02	-0,07	-0,06	-0,05	-0,13	-0,10	-0,19	-0,05	-0,15
2	BT2	0,12	-0,11	0,03	0,09	0,06	0,28	0,17	0,06	-0,07	-0,03	0,08	-0,27	0,09	-0,04	0,07	0,07	0,00	0,14
	SA2	0,25	0,03	0,19	0,18	0,19	0,42	0,21	0,28	0,15	0,15	0,31	-0,17	0,34	0,11	0,27	0,09	0,14	0,39
	CB2	0,13	0,07	0,08	0,13	0,01	0,21	0,13	0,18	0,11	0,14	0,14	-0,05	0,19	0,01	0,14	-0,04	0,06	0,13
3	BT3	0,06	-0,13	0,07	-0,06	-0,11	0,15	0,27	0,08	-0,05	-0,10	0,03	-0,10	0,11	-0,04	0,14	0,19	0,03	0,19
	SA3	0,25	0,02	0,28	0,22	0,09	0,22	0,31	0,14	0,18	0,11	0,28	0,24	0,34	0,30	0,38	0,12	0,39	0,37
	CB3	0,19	-0,06	0,28	0,14	0,01	0,19	0,54	0,10	0,03	-0,04	0,15	0,13	0,32	0,22	0,25	-0,13	0,30	0,23

Figura 22 – Matrice di correlazione delle deposizioni atmosferiche nel sito CAS-Q e del numero di eventi di emissione diffusa suddivisi per zona di provenienza (BT, SA, CB) e intensità (1, 2, 3). In grassetto sono evidenziati i casi in cui $r > 0,3$

Anche per il sito CAS-M si osservano correlazioni solo con gli episodi di intensità 2 e 3, ma sono meno numerose rispetto a CAS-Q (Figura 23).

	CAS-M	Polv tot	Al	As	Ba	Cd	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Cu	Na	V	Zn
1	BT1	0,08	-0,08	-0,01	-0,01	0,14	0,00	0,06	0,19	-0,02	0,02	0,08	0,06	0,08	0,03	0,20	-0,06	0,11	-0,21
	SA1	0,01	-0,07	0,00	-0,03	0,13	-0,02	0,04	0,14	-0,02	0,00	0,05	0,10	0,06	0,00	0,10	-0,13	0,11	-0,17
	CB1	0,05	-0,03	0,01	0,01	0,10	-0,02	0,13	0,10	0,00	0,07	0,07	0,10	0,06	-0,01	0,15	-0,13	0,06	-0,13
2	BT2	0,11	-0,12	0,03	0,01	0,26	0,21	0,06	0,25	0,03	0,08	0,27	-0,13	0,19	0,15	0,20	0,19	0,12	-0,29
	SA2	0,19	0,04	0,08	0,15	0,16	0,33	0,18	0,42	0,25	0,22	0,42	-0,16	0,32	0,23	0,27	0,24	0,27	-0,20
	CB2	0,16	0,06	0,01	0,14	0,06	0,15	0,07	0,22	0,14	0,16	0,16	-0,10	0,09	0,02	0,28	0,05	0,13	-0,15
3	BT3	-0,04	-0,12	-0,09	-0,09	-0,11	-0,02	0,07	-0,04	-0,07	-0,14	-0,05	-0,27	-0,05	-0,12	0,06	0,27	-0,02	-0,07
	SA3	0,05	-0,06	0,10	0,03	-0,06	0,05	0,02	0,22	0,04	-0,04	0,08	0,07	0,09	0,01	0,08	0,13	0,31	0,26
	CB3	0,24	-0,09	0,12	0,11	-0,05	0,09	0,11	0,30	0,03	0,05	0,08	-0,13	0,14	0,06	0,31	-0,02	0,29	-0,12

Figura 23 – Matrice di correlazione delle deposizioni atmosferiche nel sito CAS-M e del numero di eventi di emissione diffusa suddivisi per zona di provenienza (BT, SA, CB) e intensità (1, 2, 3). In grassetto sono evidenziati i casi in cui $r > 0,3$

Da questa prima analisi emerge pertanto che gli eventi di minore intensità (intensità 1-lieve) hanno una influenza visibile sulle deposizioni del sito CAS-C, mentre gli eventi di intensità maggiore (2-media e 3-elevata) hanno influenza visibile nel sito CAS-Q e, più raramente, nel sito CAS-M.

Nel caso di eventi di intensità 1-lieve le polveri hanno una bassa velocità di uscita, salgono nell'aria per pochi metri in altezza prima di sedimentare al suolo e tendono a ricadere a pochi metri dalla fonte di emissione, costituita dal reparto di acciaieria.

Nel caso di eventi di intensità maggiore (2 e 3), invece, la velocità di fuoriuscita delle polveri è maggiore e pertanto esse tendono a salire per molti metri in altezza prima di sedimentare al suolo, disperdendosi in un'area di maggiore estensione e coinvolgendo in tal modo anche i siti di misura più lontani.

Il numero molto ridotto di correlazioni eventi/deposizioni del sito CAS-M indica che l'influenza diretta degli eventi di emissione diffusa è riscontrabile con una certa evidenza solo a pochi metri dall'acciaieria, mentre già a poche centinaia di metri è poco visibile un effetto diretto degli eventi.

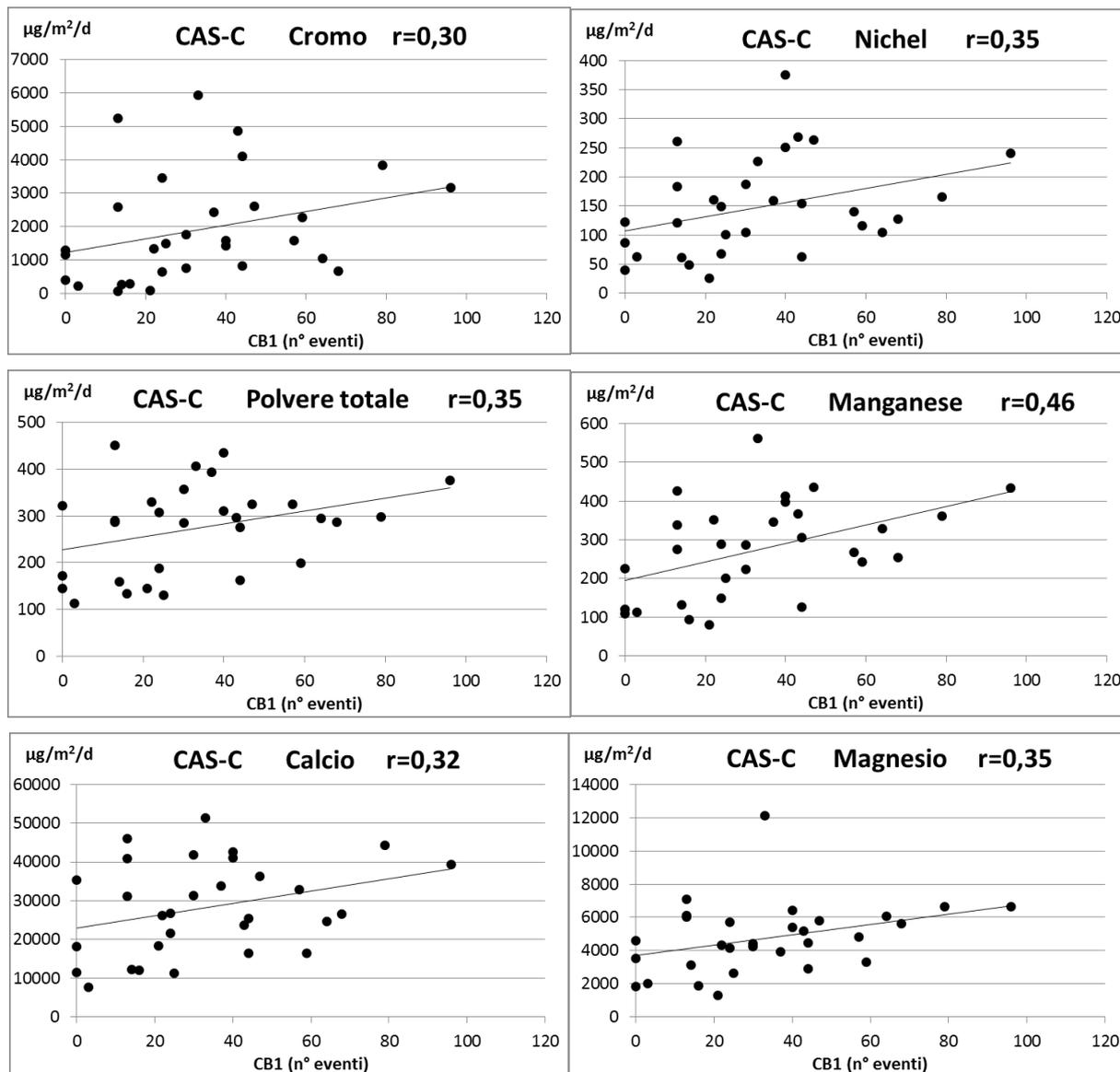
6.5. Influenza degli eventi di emissione diffusa sulle deposizioni nel sito CAS-C

Il sito CAS-C è quello in cui si osserva in maniera più evidente l'influenza degli eventi di emissione diffusa sui valori di deposizione.

Le correlazioni positive visibili (Figura 21, valori $r > 0,3$ evidenziati in grassetto) coinvolgono le deposizioni di polvere totale, Cd, Ca, Co, Cr, Mg, Mn, Ni e V e prevalentemente gli eventi di intensità 1-lieve che provengono dal Secondario AOD (SA) e dal Capannone Basso (CB), che sono leggermente più distanti dal sito CAS-C rispetto al Blocco Torre (BT).

Nella Figura 24 seguente vengono riportati i grafici a dispersione di punti (scatterplot) relativi alle correlazioni considerate più rappresentative tra metalli e numero di eventi CB1. Ogni punto del grafico rappresenta la coppia di valori di deposizione di metallo e di numero di eventi di emissione diffusa, relativa ad una determinata settimana della campagna di monitoraggio.

In tutti grafici è visibile una certa tendenza all'aumento dei valori di deposizione all'aumentare del numero di eventi.



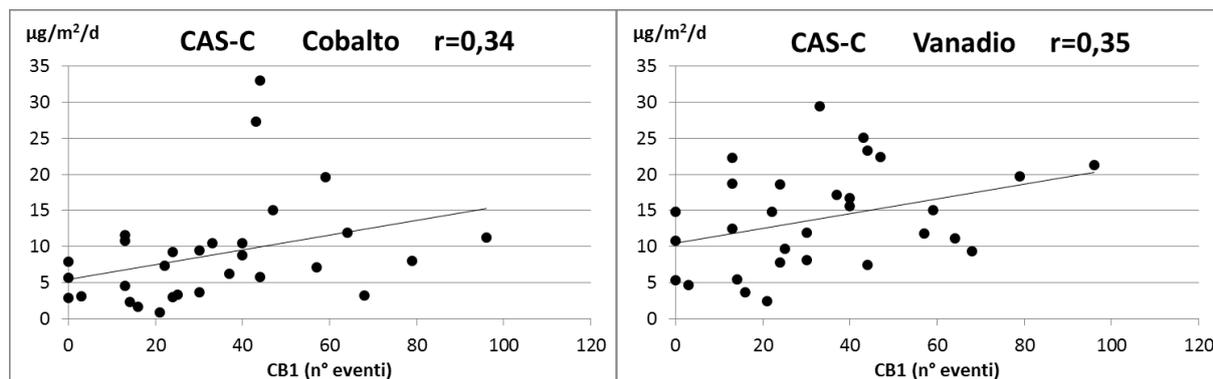


Figura 24 – Rappresentazione grafica delle correlazioni tra i valori di deposizione di metalli nel sito CAS-C e il numero di eventi CB1. Anche se i punti sono piuttosto dispersi, le correlazioni sono visibili

6.6. Influenza degli eventi CB3 sulle deposizioni nel sito CAS-C

Nella matrice di correlazione tra il numero di eventi di emissione diffusa provenienti dalle diverse zone del reparto acciaieria e le deposizioni nel sito CAS-C (Figura 21), si osservano correlazioni visibili tra i valori di deposizione di cadmio, cromo e vanadio e il numero di eventi CB3 (eventi di intensità 3-elevata nel Capannone Basso).

In questi casi i valori degli indici di correlazione sono fortemente influenzati dai valori spot delle settimane 25 e 27, comprese tra fine giugno e inizio luglio 2016, in cui è stato osservato un numero straordinario di eventi di emissione diffusa di intensità 3-elevata nel Capannone Basso e la contemporanea presenza di picchi di deposizione di cromo, cobalto e vanadio nel sito CAS-C.

La coincidenza è ben visibile nel grafico della Figura 25 seguente, nel quale vengono riportati i valori settimanali del numero di eventi CB3 (barre verticali) e dei valori di deposizione dei tre metalli (linee spezzate). I valori di deposizione di ciascun metallo sono normalizzati rispetto al relativo valore medio dell'intera campagna di misura per consentire la visualizzazione contemporanea dei valori nello stesso grafico.

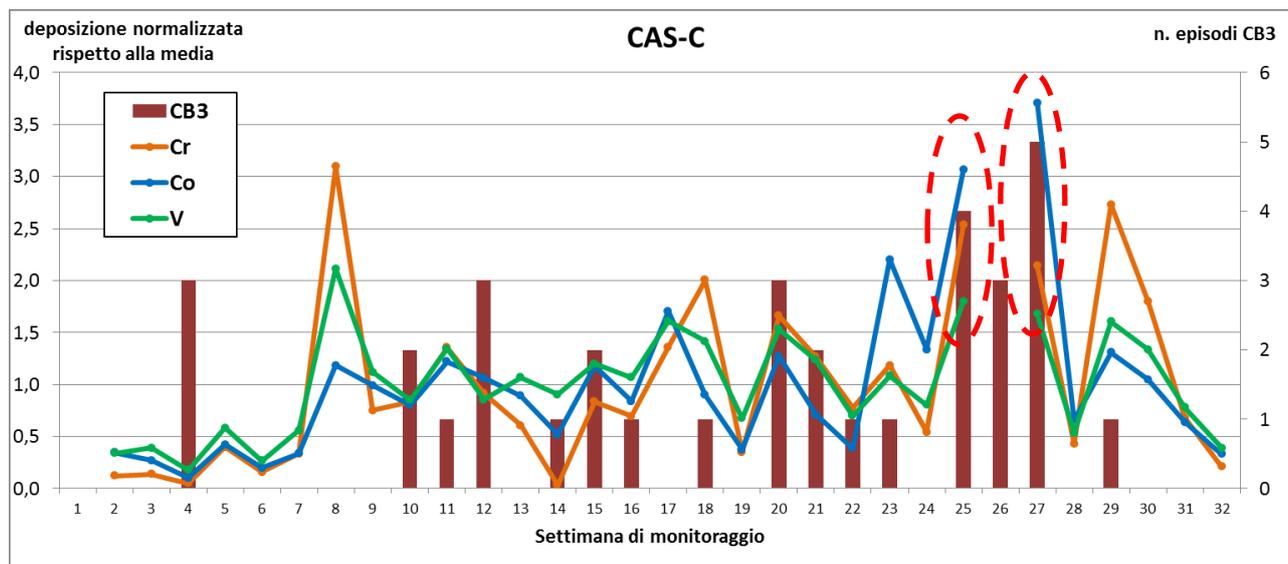


Figura 25 – Valori settimanali di deposizione di cromo, cobalto e vanadio nel sito CAS-C (valori normalizzati rispetto ai rispettivi valori medi della campagna). Nelle settimane 25 e 27 si verificano dei valori di picco di tutti e tre i metalli in corrispondenza del numero massimo di eventi CB3 osservati. Il campione di deposizione di CAS-C della settimana 26 è stato invalidato per cause incidentali

La presenza contemporanea di valori di picco di cromo, cobalto e vanadio non è casuale in quanto questi metalli presentano forti correlazioni tra di loro nel sito CAS-C ($r_{Cr-Co}=0,66$, $r_{Cr-V}=0,91$, $r_{Co-V}=0,71$), indipendentemente dai valori di picco delle settimane 25 e 27, indicando che generalmente sono caratterizzati da sorgenti e dinamiche di dispersione comuni (Allegato 1 – paragrafo 1.4.3).

6.7. Influenza dei venti sulla dispersione delle emissioni diffuse

La dispersione delle polveri immesse nell'aria durante gli eventi di emissione diffusa è determinata dall'azione dei venti. Per verificare l'effetto di questo fenomeno sui valori di deposizione si è provveduto a discriminare gli eventi in relazione alla direzione di provenienza del vento nel momento in cui sono accaduti, prendendo in considerazione le condizioni più frequenti nel corso dell'anno: vento da est, vento da ovest e calma di vento.

Nella Figura 26 seguente vengono riportate le matrici di correlazione in cui i valori di deposizione nel sito CAS-C vengono messi in relazione con gli eventi di entità 1-lieve accaduti rispettivamente in condizioni di vento da est, calma di vento e vento da ovest.

		CAS-C	Polv tot	Al	As	Ba	Cd	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Cu	Na	V	Zn
Vento da Est	1	BT1	0,23	-0,06	-0,06	-0,12	0,55	0,12	0,51	0,30	0,02	0,24	0,33	0,13	0,13	0,02	-0,04	-0,26	0,33	-0,04
		SA1	0,28	0,03	-0,01	0,01	0,41	0,20	0,54	0,36	0,15	0,28	0,33	0,17	0,13	0,12	0,01	-0,20	0,35	0,05
		CB1	0,37	0,05	0,19	0,06	0,61	0,34	0,36	0,40	0,23	0,45	0,51	0,24	0,26	0,07	0,03	-0,21	0,43	0,13
Calma di vento	1	BT1	0,08	-0,32	-0,03	-0,30	0,13	-0,01	0,09	0,17	-0,15	-0,09	0,10	0,15	0,13	-0,25	-0,06	0,12	0,10	-0,01
		SA1	0,12	-0,14	0,06	-0,13	0,14	0,09	0,30	0,42	0,07	0,09	0,24	0,25	0,28	-0,13	0,06	-0,08	0,33	-0,05
		CB1	0,30	-0,04	0,17	0,05	0,04	0,23	0,37	0,40	0,23	0,23	0,41	0,44	0,51	-0,12	0,08	-0,18	0,41	0,15
Vento da Ovest	1	BT1	0,09	-0,02	-0,09	0,03	0,20	0,21	0,18	0,00	0,08	0,16	0,15	-0,03	0,14	0,18	-0,18	0,01	0,01	0,23
		SA1	0,25	0,07	0,03	0,11	0,36	0,30	0,25	0,15	0,19	0,28	0,30	0,09	0,28	0,25	-0,13	-0,16	0,16	0,29
		CB1	0,18	0,09	0,16	0,06	0,45	0,18	0,14	0,00	0,09	0,13	0,21	0,08	0,14	0,41	-0,06	-0,24	0,08	0,24

Figura 26 – Matrici di correlazione delle deposizioni atmosferiche misurate nel sito CAS-C e degli eventi di emissione diffusa di entità 1-lieve accaduti in condizioni di vento da est, calma di vento e vento da ovest. In grassetto sono evidenziati i casi in cui $r > 0,3$

Il maggior numero di correlazioni positive visibili si osserva con il numero di eventi accaduti in condizioni di vento da est, come è logico attendersi considerando che il sito CAS-C è posto ad ovest dell'acciaieria (Figura 27). Anche gli eventi avvenuti in condizioni di calma di vento mostrano correlazioni positive con i valori di deposizione, anche se in numero inferiore rispetto al numero di eventi accaduti con vento da est.



Figura 27 – Localizzazione del punto di misura CAS-C rispetto alle zone di fuoriuscita delle emissioni diffuse (BT, SA, CB)

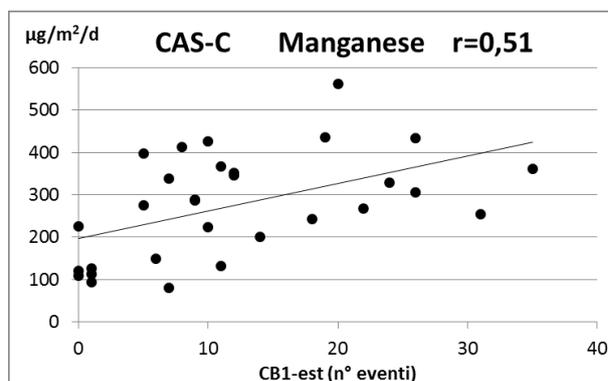
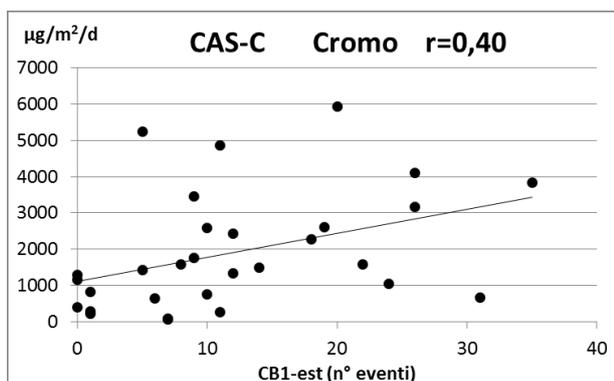
In generale, introducendo l'influenza dei venti, le correlazioni tra i valori di deposizione e gli eventi sono più visibili. Considerando le correlazioni tra i metalli e il numero di eventi CB1, si osserva che in generale l'indice di correlazione di ciascun metallo aumenta se si considerano solo gli eventi CB1-est accaduti in condizioni di vento proveniente da est.

Se si considerano solo gli eventi CB1-ovest accaduti in condizioni di vento proveniente da ovest, si osserva invece che gli indici di correlazione diventano prossimi a zero indicando un'assenza di correlazione (Tabella 1).

Tabella 1 – Valori degli indici di correlazione tra i valori di deposizione dei metalli più rappresentativi nel sito CAS-C e il numero di eventi CB1, CB1-est, CB1-ovest. Gli indici di correlazione con gli eventi CB1-est sono più alti rispetto a quelli con gli eventi CB1, mentre si può parlare di assenza di correlazione con gli eventi CB1-ovest

	Indice di correlazione r di Pearson		
	Eventi CB1	Eventi CB1-est	Eventi CB1-ovest
Cromo	0,30	0,40	0,00
Nichel	0,35	0,26	0,14
Polvere totale	0,35	0,37	0,18
Manganese	0,46	0,51	0,21
Calcio	0,32	0,34	0,18
Magnesio	0,35	0,45	0,13
Cobalto	0,34	0,36	0,14
Vanadio	0,35	0,43	0,08

In particolare risultano ben visibili le correlazioni che coinvolgono cromo, manganese, magnesio e vanadio con gli eventi CB1-est (Figura 28).



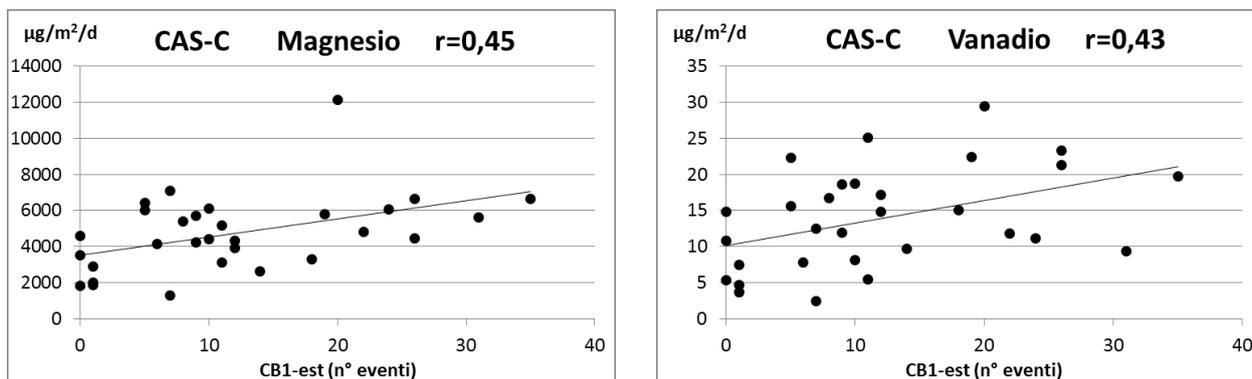


Figura 28 – Rappresentazione grafica delle correlazioni tra i valori di deposizione di metalli nel sito CAS-C e il numero di eventi CB1-est. Rispetto a quanto osservato rispetto al numero complessivo di eventi CB1, introducendo il parametro della direzione di provenienza del vento durante l'evento di emissione diffusa le correlazioni sono più visibili

Per quanto riguarda le correlazioni con gli eventi che coinvolgono le altre due zone dell'acciaieria (BT – Blocco Torre e SA – Secondario AOD) si possono fare considerazioni analoghe a quelle fatte per gli eventi accaduti nella zona del CB – Capannone Basso.

Per quanto riguarda le correlazioni tra deposizioni di cadmio e gli eventi SA1-ovest e CB1-ovest e tra le deposizioni di piombo e gli eventi CB1-ovest, evidenziati in Figura 26, da un'analisi più approfondita dei dati emerge che si tratta di casi in cui gli indici di correlazione sono fortemente influenzati da alcuni valori spot e non rappresentano pertanto una vera e propria relazione tra le variabili in gioco (vedi Allegato 1 – paragrafo 4.2.2.2).

6.8. Risospensione e dispersione delle polveri ad opera dei venti

Oltre ad esercitare un effetto diretto sulla dispersione delle polveri immesse nell'aria durante gli eventi di emissione diffusa, i venti hanno anche un effetto di risospensione e dispersione delle polveri sedimentate sulle superfici interne dello stabilimento, sia su quelle sopraelevate costituite dai tetti degli edifici sia a livello del terreno, sui piazzali e sulle vie di transito interne.

Gli effetti di questo fenomeno sono riscontrabili nell'analisi delle correlazioni tra i valori di deposizione e l'intensità e la direzione dei venti, indipendentemente dal numero degli eventi di emissione diffusa.

Consideriamo le correlazioni tra i valori di deposizione nei diversi siti e la velocità media del vento nelle settimane di campionamento (Figura 29). Nella valutazione prendiamo in considerazione

anche il sito CAS-W, pur avendo a disposizione solo 19 misurazioni, perché fornisce un'informazione utile in qualità di conferma delle correlazioni osservate negli altri siti.

Velocità vento	Polv tot	Al	As	Ba	Cd	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Cu	Na	V	Zn
CAS-C	0,31	0,19	0,42	0,20	0,34	0,19	0,51	0,36	0,28	0,22	0,46	0,38	0,45	0,44	0,24	-0,81	0,49	0,06
CAS-W	0,37	0,10	-0,14	0,27	0,35	0,56	0,30	0,40	0,12	0,16	0,36	0,43	0,42	0,28	0,30	-0,18	0,50	0,48
CAS-Q	0,39	-0,01	0,56	0,41	0,41	0,28	0,56	0,37	0,13	0,01	0,45	0,36	0,53	0,60	0,56	-0,21	0,37	0,27
CAS-M	0,37	-0,12	0,27	0,18	0,12	0,23	0,35	0,35	0,06	0,00	0,20	-0,19	0,27	0,25	0,37	-0,10	0,29	-0,06

Figura 29 – Valori dei coefficienti di correlazione delle deposizioni atmosferiche rispetto alla velocità media del vento nelle settimane di campionamento. In grigio vengono evidenziate le correlazioni positive con $r > 0,3$ e in rosso le correlazioni negative con $r < -0,3$

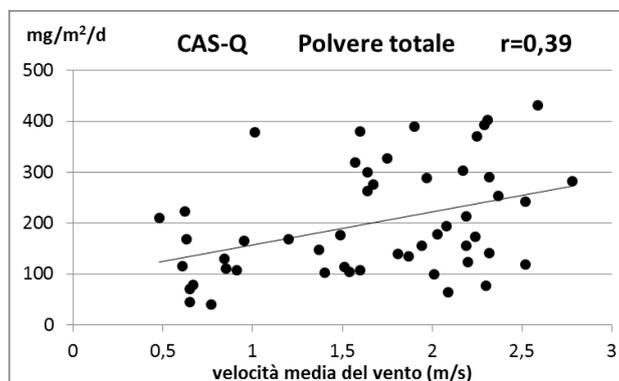


Figura 30 – Rappresentazione grafica delle correlazioni tra i valori di deposizione di polveri totali nel sito CAS-Q e la velocità media del vento della settimana di misura. La correlazione positiva è visibile

In generale si nota, soprattutto nei siti più vicini all'acciaieria (CAS-C, CAS-W, CAS-Q), la presenza di molte correlazioni positive visibili che coinvolgono quasi tutti i parametri, soprattutto quelli (polvere totale, Cr, Ni, V, Mn, Cd, Co) che presentano correlazioni visibili anche con gli eventi di emissione diffusa (vedi Figura 21).

La polvere totale presenta correlazioni positive visibili in tutti e quattro i siti: questo significa che all'aumentare della ventosità del periodo di campionamento aumenta la quantità di polvere depositata, indipendentemente dalla localizzazione del sito. Questo induce a identificare nella dinamica di risospensione e dispersione delle polveri da parte dei venti un fattore comune a tutti i siti di misura.

Quanto riscontrato trova conferma nella correlazione con la percentuale di ore di calma di vento nei periodi di campionamento (Figura 31). In questo caso sono numerose le correlazioni negative: all'aumentare della percentuale di ore di calma del periodo diminuiscono i valori di deposizione. Anche in questo caso le correlazioni sono più numerose per i siti più prossimi all'acciaieria.

Calma vento	Polv tot	Al	As	Ba	Cd	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Cu	Na	V	Zn
CAS-C	-0,19	-0,20	-0,27	-0,16	-0,39	-0,18	-0,41	-0,22	-0,21	-0,27	-0,35	-0,29	-0,35	-0,34	-0,17	0,76	-0,35	0,01
CAS-W	-0,28	-0,12	0,20	-0,22	-0,31	-0,58	-0,17	-0,39	-0,13	-0,17	-0,21	-0,32	-0,32	-0,17	-0,15	0,56	-0,48	-0,25
CAS-Q	-0,37	-0,01	-0,41	-0,41	-0,44	-0,29	-0,47	-0,38	-0,15	-0,06	-0,40	-0,38	-0,48	-0,48	-0,47	0,20	-0,34	-0,25
CAS-M	-0,22	0,10	-0,10	-0,07	-0,16	-0,16	-0,17	-0,28	-0,04	0,06	-0,11	0,07	-0,20	-0,18	-0,17	0,17	-0,21	-0,07

Figura 31 – Valori dei coefficienti di correlazione delle deposizioni atmosferiche rispetto alla % delle ore di calma di vento delle settimane di campionamento. In grigio vengono evidenziate le correlazioni positive con $r > 0,3$ e in rosso le correlazioni negative con $r < -0,3$

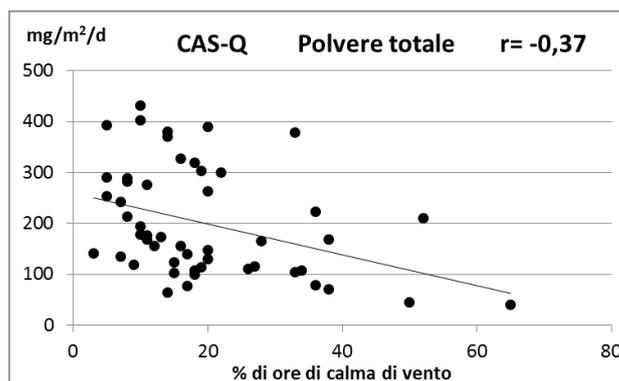


Figura 32 – Rappresentazione grafica delle correlazioni tra i valori di deposizione di polveri totali nel sito CAS-Q e la % di ore di calma di vento della settimana di misura. La correlazione negativa è visibile

Il caso del sodio, che presenta correlazioni opposte rispetto a tutti gli altri metalli, verrà analizzato in un successivo paragrafo dedicato.

Per analizzare le correlazioni tra le deposizioni e la direzione di provenienza del vento prendiamo in considerazione la percentuale di ore di vento provenienti da est e da ovest nel corso di ogni settimana di campionamento (Figura 33).

Vento da EST	Polv tot	Al	As	Ba	Cd	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Cu	Na	V	Zn
CAS-C	0,34	0,18	0,30	0,16	0,33	0,19	0,46	0,49	0,20	0,33	0,44	0,47	0,29	0,11	0,30	-0,58	0,56	-0,09
CAS-W	0,32	0,29	-0,04	0,25	0,49	0,36	0,48	0,63	0,35	0,38	0,33	0,55	0,44	0,07	0,12	-0,53	0,56	0,04
CAS-Q	0,10	-0,02	0,34	0,24	0,27	0,00	0,37	0,09	0,05	-0,06	0,19	0,48	0,31	0,35	0,30	-0,46	0,21	0,09
CAS-M	0,21	-0,06	0,14	0,14	0,07	-0,03	0,17	0,20	0,07	-0,06	0,00	-0,08	0,13	0,11	0,22	-0,39	0,19	-0,02

Vento da OVEST	Polv tot	Al	As	Ba	Cd	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Cu	Na	V	Zn
CAS-C	-0,33	-0,11	-0,18	-0,12	-0,15	-0,15	-0,35	-0,51	-0,16	-0,26	-0,35	-0,42	-0,19	0,01	-0,35	0,32	-0,48	0,10
CAS-W	-0,16	-0,32	-0,08	-0,15	-0,41	0,02	-0,40	-0,48	-0,37	-0,36	-0,25	-0,50	-0,27	0,12	0,03	0,34	-0,26	0,16
CAS-Q	0,18	-0,01	-0,06	0,05	0,04	0,26	-0,10	0,14	0,02	0,09	0,11	-0,35	-0,01	-0,05	-0,01	0,43	-0,03	0,13
CAS-M	-0,05	-0,05	-0,04	-0,07	0,10	0,19	-0,02	-0,06	-0,08	-0,01	0,09	-0,04	0,00	0,03	-0,13	0,33	-0,09	0,04

Figura 33 – Valori dei coefficienti di correlazione delle deposizioni atmosferiche rispetto alla % delle ore di vento proveniente da EST (matrice sopra) e da OVEST (matrice sotto). In grigio vengono evidenziate le correlazioni positive con $r > 0,3$ e in rosso le correlazioni negative con $r < -0,3$

Ad eccezione del sodio, che come detto fa caso a sé, si nota un buon numero di correlazioni positive con la percentuale di ore di vento proveniente da est e un buon numero di correlazioni negative con il vento proveniente da ovest per i siti più vicini al reparto acciaieria (CAS-C, CAS-W e CAS-Q) che sono localizzati a ovest rispetto al reparto stesso (Figura 34).



Figura 34 – Le deposizioni di polveri e metalli nei siti CAS-C e CAS-W sono correlate positivamente con la % di ore di vento proveniente da est e negativamente con la % di ore di vento proveniente da ovest

Il sito che presenta il maggior numero di correlazioni significative è il sito CAS-W posto sotto vento rispetto all'acciaieria, a una distanza leggermente maggiore di CAS-C, che è molto prossimo alla fonte di emissione. Il sito CAS-M, posto più lontano rispetto all'acciaieria presenta invece correlazioni quasi nulle per tutti i metalli legati al processo produttivo.

Introduciamo ora nell'analisi anche il parametro dell'intensità del vento, per valutarne l'influenza sulle deposizioni. È logico attendersi che regimi di vento intenso e intermittente (vento a raffiche) abbia un'influenza sui fenomeni di risospensione e dispersione delle polveri più marcata rispetto a regimi di vento debole e costante.

È possibile individuare 5 diverse classi di intensità del vento secondo il criterio seguente:

- classe 0 (calma di vento): velocità < 0,5 m/s;
- classe 1: velocità tra 0,5 (compreso) e 1 m/s;
- classe 2: velocità tra 1 (compreso) e 3 m/s;
- classe 3: velocità tra 3 (compreso) e 5 m/s;
- classe 4: velocità maggiore o uguale a 5 m/s.

Limitando l'analisi dei dati alle direzioni prevalenti di provenienza est/ovest, vengono individuate 8 classi di vento: 4 classi di vento proveniente da est (est-1, est-2, est-3, est-4) e 4 classi di vento proveniente da ovest (ovest-1, ovest-2, ovest-3, ovest-4).

L'analisi completa delle correlazioni tra i valori di deposizione e le 8 diverse classi di vento sopra definite è riportata nell'Allegato 1 – paragrafo 2.4. Dall'analisi risulta che, tra i siti di misura interni, quello che risulta più rappresentativo per le dinamiche di dispersione delle polveri dall'acciaieria è il sito CAS-W, posto a ovest del reparto acciaieria, esattamente sulla direttrice est-ovest rispetto ad esso e situato a una distanza che risulta idonea per il monitoraggio delle ricadute delle emissioni diffuse di polveri (Figura 34).

Nella Figura 35 seguente vengono riportate le matrici di correlazione in cui vengono incrociati i valori di deposizione misurati nel sito CAS-W con le 8 classi di vento sopra definite.

CAS-W	polv_tot	Al	As	Ba	Cd	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Cu	Na	V	Zn
Est-1	-0,18	-0,13	0,08	-0,18	-0,09	-0,22	-0,03	-0,10	-0,13	-0,11	-0,31	-0,17	-0,03	-0,21	-0,20	-0,27	-0,07	-0,39
Est-2	0,23	0,39	-0,18	0,26	0,47	0,29	0,35	0,59	0,44	0,47	0,28	0,37	0,24	0,03	0,03	-0,47	0,49	-0,05
Est-3	0,27	0,28	0,01	0,22	0,37	0,31	0,40	0,55	0,35	0,36	0,39	0,51	0,30	0,10	0,09	-0,26	0,43	0,17
Est-4	0,44	0,12	0,02	0,26	0,40	0,48	0,45	0,48	0,15	0,17	0,42	0,64	0,57	0,22	0,34	-0,33	0,50	0,36
CAS-W	polv_tot	Al	As	Ba	Cd	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Cu	Na	V	Zn
Ovest-1	-0,26	-0,25	0,12	-0,25	-0,53	-0,38	-0,37	-0,55	-0,26	-0,31	-0,28	-0,50	-0,33	-0,06	-0,10	0,36	-0,49	-0,26
Ovest-2	0,06	-0,14	-0,16	0,04	0,00	0,34	-0,14	-0,04	-0,19	-0,14	-0,05	-0,10	-0,02	0,15	0,12	0,01	0,12	0,33
Ovest-3	0,01	-0,14	-0,25	0,05	-0,10	0,26	-0,08	-0,12	-0,17	-0,15	0,00	-0,23	-0,03	0,22	0,13	0,25	0,13	0,51
Ovest-4	-0,14	-0,20	-0,21	-0,20	-0,08	-0,12	-0,42	-0,41	-0,21	-0,18	-0,14	-0,14	-0,29	0,08	0,00	0,44	-0,30	0,07

Figura 35 – Matrici di correlazione delle deposizioni atmosferiche del sito CAS-W rispetto alla % delle ore di vento proveniente da EST (matrice sopra) e da OVEST (matrice sotto) suddivisa per classi di velocità di vento a intensità crescente. In grigio vengono evidenziate le correlazioni positive con $r > 0,3$ e in rosso le correlazioni negative con $r < -0,3$

Facendo riferimento alle correlazioni con il vento da est, si nota che non vi sono correlazioni positive evidenti con la classe est-1 (vento < 1 m/s), mentre per le classi corrispondenti a velocità del vento > 1 m/s (classi est-2, est-3, est-4) le correlazioni positive visibili sono numerose.

Per polvere totale, calcio, manganese, molibdeno, nichel si nota che il valore dell'indice di correlazione aumenta con l'aumentare dell'intensità del vento. Ad esempio nel caso del nichel l'indice di correlazione passa da $r = 0,24$ per la classe est-2, a $r = 0,30$ per la classe est-3, fino a $r = 0,57$ per la classe est-4.

Questo significa che all'aumentare dell'intensità del vento proveniente da est aumentano i valori di deposizione nel sito CAS-W, indipendentemente dal numero di eventi di emissione diffusa.

Le informazioni fin qui raccolte inducono a rappresentare il reparto acciaieria come una zona di accumulo temporaneo delle polveri provenienti dalle emissioni diffuse, considerando che le polveri

emesse ricadono prevalentemente a pochi metri dal reparto stesso e sedimentano sulle superfici sopraelevate dei tetti dell'edificio. A seguito dell'azione dei venti le polveri accumulate vengono risollevate e trasportate a distanza più o meno lunga, in relazione alla granulometria e quindi alla massa delle particelle.

Si può pertanto ragionevolmente supporre che le deposizioni all'interno dello stabilimento siano determinate sia dalla ricaduta diretta degli eventi di emissione diffusa, in misura tanto più evidente quanto minore è la distanza dal reparto acciaieria, sia dalla ricaduta indiretta dovuta agli effetti di risospensione e dispersione delle polveri sedimentate sulle superfici a seguito degli eventi di emissione diffusa.

6.9. Trasporto degli inquinanti all'esterno dello stabilimento da parte dei venti

Se le polveri immesse nell'aria negli eventi di emissione diffusa ricadono a breve distanza dalla zona di emissione interessando le aree interne allo stabilimento, si può ragionevolmente ipotizzare che i fenomeni indiretti di risospensione e successivo trasporto delle polveri da parte dei venti interessino anche le aree esterne allo stabilimento. Questa ipotesi trova conferma nelle numerose correlazioni tra i valori di deposizione e i venti da est riscontrate nel sito CAS-W, localizzato proprio al confine dello stabilimento sul lato ovest, che dimostrano che i venti di brezza provenienti da est provocano il trasporto delle polveri in direzione di Via 1 maggio.

Particolarmente indicativo è lo scatterplot che mette in relazione i valori di deposizione di cromo nel sito CAS-W con la percentuale di ore di vento da est delle settimane di campionamento (Figura 36).

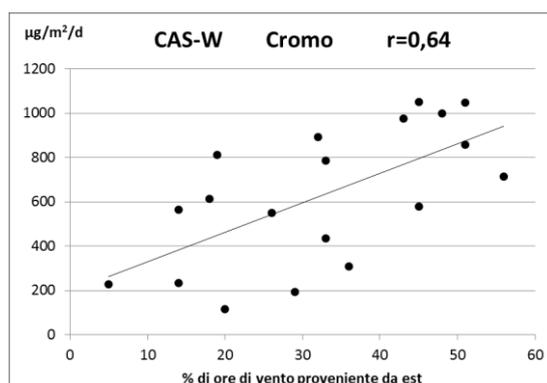


Figura 36 – Scatterplot delle coppie di valori costituite dalla % di ore di vento proveniente da est e dalla deposizione di cromo nel sito CAS-W (valori settimanali). La correlazione positiva appare evidente e riflette l'effetto di trasporto delle polveri contenenti cromo provenienti dal reparto acciaieria da parte dei venti che soffiano da est verso ovest

Allo stesso modo, i venti che soffiano da est influiscono anche sulle deposizioni del sito AO-PEP, posto all'esterno dello stabilimento, per via del trasporto degli inquinanti emessi dal reparto scorie. Questo è riscontrabile nella correlazione tra la percentuale di ore di vento proveniente da est e i valori di deposizione di calcio e di magnesio, che sono i metalli maggiormente presenti nelle scorie, costituite prevalentemente da ossidi di calcio e di magnesio (Figura 37).

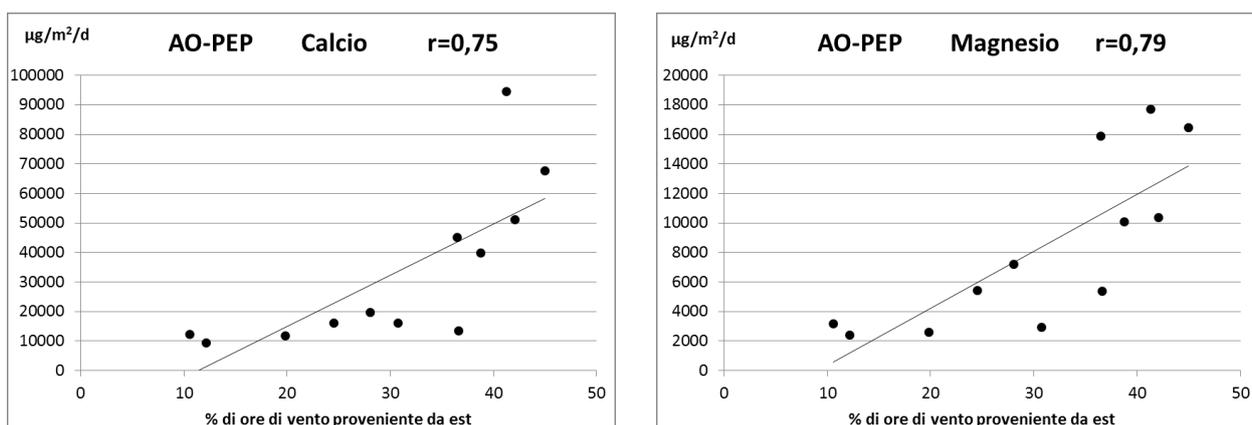


Figura 37 – Correlazione tra i valori di deposizione di calcio e magnesio nel sito AO-PEP e la % di ore di vento proveniente da est nel periodo di campionamento (valori mensili). Le correlazioni sono evidenti e riflettono l'effetto di trasporto degli inquinanti dal reparto scorie verso il sito AO-PEP

Il sito AO-PEP risente anche dell'effetto di trasporto di polveri e metalli dal reparto acciaieria per azione dei venti di foehn. A titolo rappresentativo nella Figura 38 seguente viene riportato lo scatterplot che mette in relazione i valori di deposizione di cromo nel sito AO-PEP e il numero di ore di foehn del mese di campionamento. Lo stesso grado di correlazione, con valori dell'indice confrontabili, si riscontra anche per gli altri metalli caratteristici dell'acciaieria.

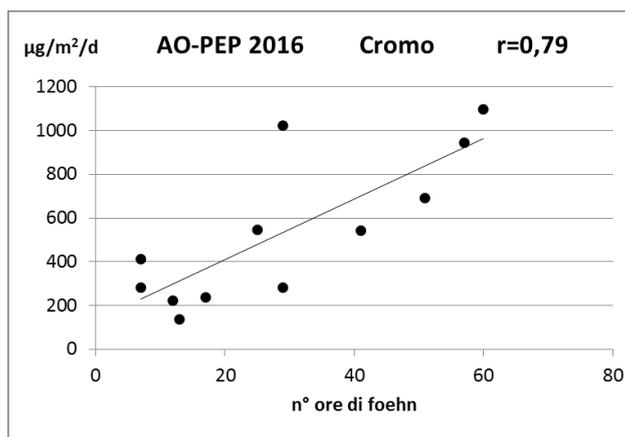


Figura 38 – Correlazione tra i valori di deposizione di cromo nel sito AO-PEP e il numero di ore di foehn nel periodo di campionamento (valori mensili). La correlazione è evidente e riflette l'effetto di trasporto del cromo dal reparto acciaieria verso il sito AO-PEP



Figura 39 – I venti provenienti da est provocano il trasporto degli inquinanti dal reparto acciaieria verso il sito CAS-W e dal reparto scorie verso il sito AO-PEP. I venti di foehn provocano il trasporto degli inquinanti dal reparto acciaieria verso il sito AO-PEP

6.10. Influenza dei venti di foehn nei siti CAS-Q e CAS-M

Nell'analisi delle correlazioni tra i venti e le deposizioni emerge una correlazione positiva tra le classi di vento da ovest di maggiore intensità (ovest-3, ovest-4) e i valori di deposizione di metalli nei siti CAS-Q e CAS-M. Tali classi di vento non presentano correlazioni, invece, con i valori di deposizione dei siti CAS-C e CAS-W.

Per approfondire la questione si è provveduto ad analizzare (Allegato 1 – paragrafo 2.5) anche le correlazioni tra i valori di deposizione e il numero di giornate della settimana caratterizzate dalla prevalenza delle 5 situazioni meteorologiche tipiche descritte nel capitolo 5 precedente:

- STAB: stabilità atmosferica: condizioni di calma di vento;
- BREZZA: nelle ore diurne vento da est di tipo intermittente di intensità medio-alta; nelle ore notturne vento proveniente da ovest di intensità moderata e costante;
- IN_US: incanalati uscenti: vento proveniente da ovest di intensità moderata costante;
- IN_EN: incanalati entranti: vento proveniente da est di intensità moderata costante;
- FOEHN: vento proveniente da ovest-nord-ovest forte e intermittente (vento a raffiche).

Nel caso del sito CAS-Q emerge una correlazione visibile tra i valori di deposizione di polveri e di molti metalli e la percentuale di ore di venti di foehn, che soffiano da nord-ovest e sono caratterizzati da forti raffiche. Tale influenza è visibile anche per il sito CAS-M, seppur con minore evidenza (Figura 40).

CAS-Q	Polv tot	Al	As	Ba	Cd	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Cu	Na	V	Zn
STAB	-0,23	-0,17	-0,30	-0,34	-0,41	-0,14	-0,34	-0,28	-0,22	-0,16	-0,34	-0,49	-0,34	-0,37	-0,28	0,44	-0,24	-0,14
BREZZA	0,23	0,14	0,34	0,35	0,32	0,12	0,45	0,16	0,23	0,12	0,31	0,32	0,41	0,37	0,32	-0,39	0,25	0,19
IN_US	-0,07	-0,06	-0,17	-0,02	-0,08	-0,12	-0,05	-0,08	-0,05	-0,11	-0,06	-0,18	-0,14	-0,09	-0,11	0,47	-0,05	-0,08
IN_EN	0,09	-0,05	0,29	0,10	0,11	0,05	0,38	0,04	0,00	-0,11	0,14	0,09	0,20	0,25	0,11	-0,27	0,19	0,02
FOEHN	0,49	0,05	0,45	0,39	0,30	0,47	0,33	0,41	0,19	0,19	0,50	0,02	0,43	0,56	0,50	-0,10	0,38	0,35

CAS-M	Polv tot	Al	As	Ba	Cd	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Cu	Na	V	Zn
STAB	-0,23	-0,12	-0,19	-0,20	-0,11	-0,20	-0,12	-0,24	-0,15	-0,14	-0,13	-0,11	-0,10	-0,12	-0,16	0,39	-0,17	-0,13
BREZZA	0,24	0,05	0,06	0,18	-0,15	-0,01	0,09	0,15	0,12	0,01	-0,08	-0,19	0,03	-0,01	0,20	-0,38	0,14	0,01
IN_US	-0,05	-0,01	-0,14	-0,08	0,09	0,05	-0,09	0,11	0,00	-0,05	0,04	-0,09	-0,05	-0,06	-0,05	0,28	0,00	0,02
IN_EN	0,33	-0,05	0,24	0,12	0,21	0,14	0,26	0,13	0,04	0,01	0,08	-0,19	0,06	0,03	0,32	-0,13	0,20	-0,09
FOEHN	0,21	-0,04	0,33	0,18	0,19	0,33	0,42	0,22	0,16	0,04	0,38	-0,01	0,41	0,46	0,16	0,11	0,32	-0,13

Figura 40 – Matrici di correlazione delle deposizioni atmosferiche del sito CAS-Q (sopra) e del sito CAS-M (sotto) rispetto al numero delle giornate tipiche di vento del periodo di misura. In grigio vengono evidenziate le correlazioni positive con $r > 0,3$ e in rosso le correlazioni negative con $r < -0,3$

Se nel caso del sito CAS-M è possibile immaginare un effetto di trasporto degli inquinanti dal reparto acciaieria posto ad ovest del sito stesso, nel caso del sito CAS-Q l'influenza dei venti di foehn appare riconducibile alla particolare localizzazione del deposimetro che è stato posto sul terrazzo della palazzina degli uffici qualità che si affaccia su un piccolo piazzale interno delimitato a est e a sud da edifici più alti e comunicante a ovest con una via di transito interna (Figura 41).



Figura 41 – Localizzazione dei siti di misura rispetto all'acciaieria e particolare della localizzazione del deposimetro CAS-Q. Le "nuvolette" di polvere inserite nell'immagine di destra intendono rappresentare il fenomeno locale di risospensione della polvere ad opera dei venti che soffiano da ovest

L'azione delle raffiche di vento di foehn da ovest, incanalandosi nel corridoio indicato dalla freccia riportata in Figura 41 provoca la risospensione delle polveri accumulate sulla superficie della via di transito e del piazzale con un effetto di accumulo all'interno del volume di aria racchiuso dagli edifici che delimitano il piazzale stesso e la successiva rideposizione delle polveri nella stessa area in cui è presente il deposimetro CAS-Q.

Il fenomeno sopra descritto, oggetto anche di osservazioni dirette da parte dei tecnici ARPA nel corso dei sopralluoghi per il prelievo dei campioni di deposizione, conferma ulteriormente

l'influenza sui valori di deposizione del fenomeno di risospensione e trasporto delle polveri da parte dei venti dalle vie di transito e dai piazzali all'interno dello stabilimento.

6.11. Analisi approfondite dei singoli metalli

Nel presente paragrafo vengono riportate le principali considerazioni emerse dall'analisi approfondita dei singoli metalli riportata nell'Allegato 1 – capitolo 5.

6.11.1. Cromo

Il cromo è, assieme al nichel, il principale costituente degli acciai inossidabili e risulta un indicatore molto efficace per la valutazione dell'impatto delle emissioni diffuse di polveri, in quanto la sua presenza nelle deposizioni appare riconducibile a composti di alto peso molecolare e a polveri di granulometria più grossolana che ricadono nelle vicinanze del reparto acciaieria e hanno dinamiche di dispersione diverse da quelle che caratterizzano gli altri inquinanti.

Questo è riscontrabile soprattutto nella forte differenza che si osserva tra i valori di deposizione di cromo nel sito CAS-C, più prossimo al reparto acciaieria e posto sottovento rispetto ad esso, rispetto agli altri siti interni (CAS-Q e CAS-W) seppure posti ad ovest del reparto acciaieria localizzati a poche decine di metri di distanza dal reparto stesso.

La stessa differenza è riscontrabile anche nel grado di variabilità della serie di misure, come risulta con evidenza dal confronto dei box-plot¹ riportato nella Figura 42 seguente. L'altezza del box-plot relativo al sito CAS-C è molto maggiore rispetto agli altri siti, indicando una forte variabilità dei valori di deposizione di cromo nel sito CAS-C e una evidente diminuzione della variabilità con l'aumentare della distanza dal reparto acciaieria.

¹ Il boxplot è un metodo per rappresentare la distribuzione di una serie di dati. È costituito da un rettangolo (detto "scatola", "box" in inglese) diviso in due parti, da cui escono due segmenti detti "baffi". Considerando i dati della serie ordinati per valori crescenti, il lato inferiore del rettangolo è il primo quartile (valore al di sotto del quale sta il 25% dei dati della serie), il lato superiore del rettangolo è il terzo quartile (valore al di sotto del quale sta il 75% dei dati della serie), il segmento interno al rettangolo individua la mediana della serie di valori (valore che individua il 50% dei valori della serie). I baffi individuano il valore minimo e massimo della serie. I punti esterni ai baffi rappresentano i cosiddetti "outliers", valori considerati anomali perché troppo distanti dal resto della serie. L'altezza della scatola rappresenta il 50% dei valori della serie intorno al valore mediano. L'altezza della scatola è proporzionale alla variabilità della serie di valori: maggiore è l'altezza maggiore è la variabilità.

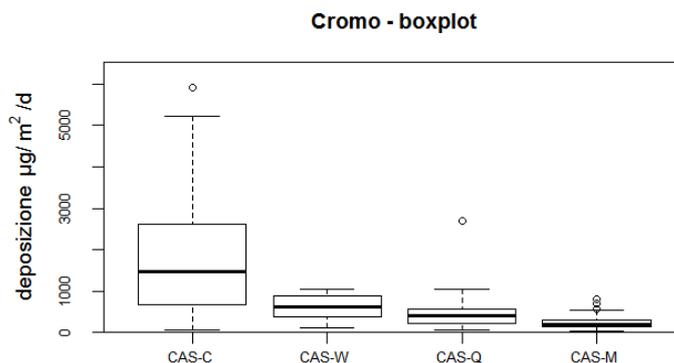


Figura 42 – Boxplot dei valori deposizione di cromo misurati nei siti interni allo stabilimento. L'altezza della "scatola" dei valori misurati nel sito CAS-C indica una maggiore variabilità dei valori rispetto agli altri siti di misura

6.11.2. Nichel

Nel caso del nichel, a differenza del cromo, i valori medi e la variabilità dei valori misurati nei siti interni risultano confrontabili tra loro (Figura 43). Questo significa che il nichel tende a disperdersi in maniera uniforme nell'aria ambiente esterna e questo induce a pensare che tale metallo sia veicolato da polveri di granulometria più fine rispetto al cromo.

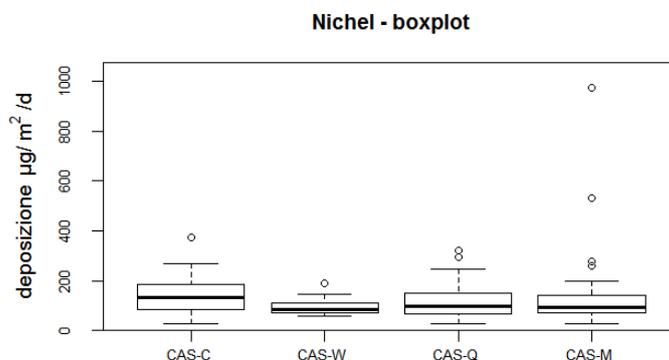


Figura 43 – Boxplot dei valori deposizione di nichel misurati nei siti interni allo stabilimento. L'altezza delle "scatole" nei diversi siti è simile e indica una variabilità confrontabile

6.11.3. Cadmio

Il cadmio è un metallo che non viene utilizzato nel processo di produzione degli acciai ma può essere presente, solitamente in piccole quantità, come contaminante del rottame avviato alla fusione.

I valori di cadmio misurati nelle deposizioni sono generalmente molto bassi. Tuttavia, nel periodo febbraio-luglio 2016, nel sito AO-PEP, sono stati misurati valori di cadmio sensibilmente superiori agli anni precedenti. Anche nel sito CAS-C, posto all'interno allo stabilimento in prossimità del reparto acciaieria, e nel sito CAS-M sono stati rilevati valori elevati di deposizione di cadmio nello stesso periodo, con valori di picco nella settimana compresa tra il 9 e il 16 maggio² (Figura 44).

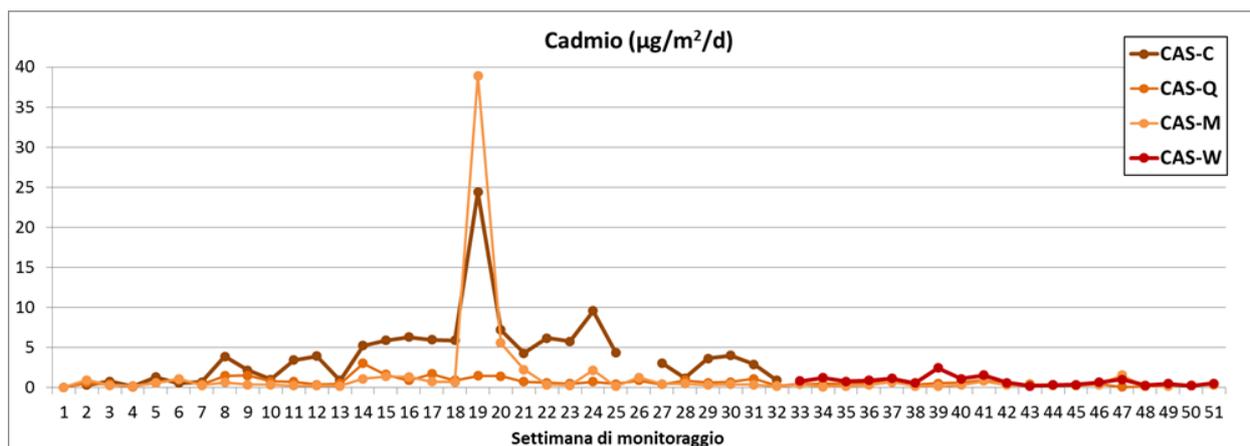


Figura 44 – Andamento temporale della deposizione di cadmio nei siti interni allo stabilimento. Risulta evidente il picco di deposizione nei siti CAS-C e CAS-M nella settimana 19

Si riscontra inoltre una correlazione evidente tra il numero di ore di foehn e i valori di deposizione di cadmio misurati nel sito AO-PEP (Figura 45).

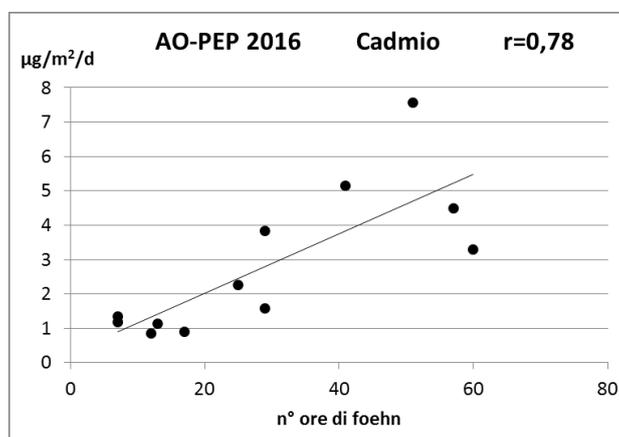


Figura 45 – Correlazione tra i valori di deposizione di cadmio nel sito AO-PEP e il numero di ore di foehn nel mese di campionamento. La correlazione appare evidente e riflette l'effetto di trasporto del cadmio dal reparto acciaieria verso il sito AO-PEP

² Il fatto che nella settimana 9-16 maggio non sia stato misurato un valore di picco anche nel sito CAS-Q è legato alla dinamica di trasporto da parte dei venti, come spiegato dettagliatamente nell'Allegato 1 – paragrafo 5.3

Questo indica che la presenza di cadmio nelle deposizioni del sito AO-PEP è da ricondurre alle emissioni del reparto acciaieria.

Le correlazioni riscontrate tra le deposizioni nel sito CAS-C e il numero di eventi di emissione diffusa dimostra che il cadmio è stato emesso in atmosfera per via diffusa. Questo significa che il cadmio è stato coinvolto nel processo produttivo, probabilmente come contaminante del rottame avviato alla fusione e che pertanto è stato emesso in atmosfera anche, presumibilmente, dai camini collegati agli impianti di aspirazione del forno UHP.

6.11.4. Molibdeno

Il molibdeno è un componente minore di alcune tipologie di acciaio prodotto dalla CAS.

L'analisi delle correlazioni indica che tale metallo non proviene solo dal reparto acciaieria, ma anche da un'altra fonte di emissione presumibilmente localizzata ad est del reparto acciaieria stesso (Allegato 1 – paragrafo 5.5).

6.11.5. Arsenico

L'arsenico non viene utilizzato nel ciclo di produzione dell'acciaio.

La sua presenza nei campioni di deposizione all'interno dello stabilimento è da imputare alla presenza di sostanze contaminanti nel rottame o in altri prodotti utilizzati nel ciclo produttivo.

L'analisi delle correlazioni induce a pensare che tale metallo non provenga solo dal reparto acciaieria, ma anche da un'altra fonte di emissione presumibilmente localizzata in direzione nord-ovest rispetto al sito AO-PEP (Allegato 1 – paragrafo 5.6).

6.11.6. Cobalto

Dall'analisi dei dati emerge che la presenza di cobalto nelle deposizioni è influenzata in maniera evidente da eventi vistosi di emissione diffusa nel Capannone Basso, presumibilmente legati a particolari fasi del processo produttivo condotti in tale zona del reparto acciaieria (Allegato 1 – paragrafo 5.4).

6.11.7. Calcio e magnesio

I valori di calcio e magnesio misurati nel sito AO-PEP sono più elevati rispetto a quelli misurati nei siti interni dello stabilimento; tale differenza potrebbe essere attribuibile alle emissioni del reparto

scorie (di cui calcio e magnesio sono i componenti principali) e all'effetto di trasporto da parte dei venti che soffiano da est, ovvero dal reparto scorie in direzione del sito AO-PEP.

Questo è confermato dalla correlazione, già illustrata in precedenza, tra i valori di deposizione di questi due metalli nel sito AO-PEP e la percentuale di ore di vento proveniente da est del mese di misura. Calcio e magnesio provengono anche dalle emissioni diffuse del reparto acciaieria, come dimostrano le correlazioni positive riscontrate con gli eventi di emissione diffusa e il fatto che le deposizioni nel sito CAS-C sono più elevate rispetto agli altri siti interni allo stabilimento (Figura 46).

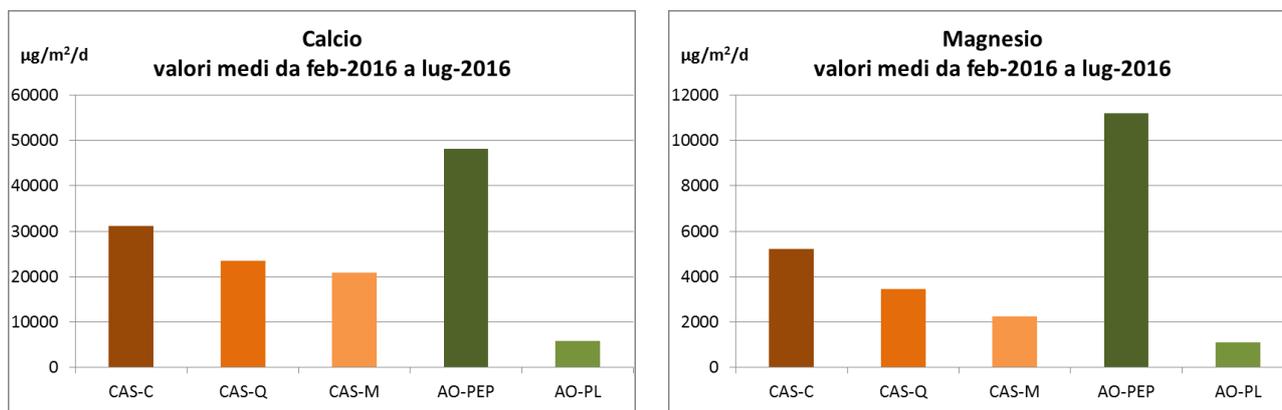


Figura 46 – Confronto dei valori medi di deposizione di calcio e magnesio tra siti interni e siti esterni allo stabilimento riferiti al periodo febbraio-luglio 2016

6.11.8. Sodio

Il sodio ha un comportamento completamente diverso rispetto agli altri metalli: presenta correlazioni positive con il vento proveniente da ovest e correlazioni negative con il vento proveniente da est per tutti i siti. Questo è da ricondurre presumibilmente alla pratica di salatura della strada ad alta percorrenza posta ad ovest dell'acciaieria attuata nel periodo invernale per prevenire il ghiaccio e trova conferma nell'andamento temporale della deposizione di sodio nel tempo nei siti più vicini all'acciaieria (Figura 47), dal quale si evince chiaramente che i valori più alti della serie annuale si hanno in corrispondenza dei mesi invernali più freddi (gennaio, febbraio, dicembre).

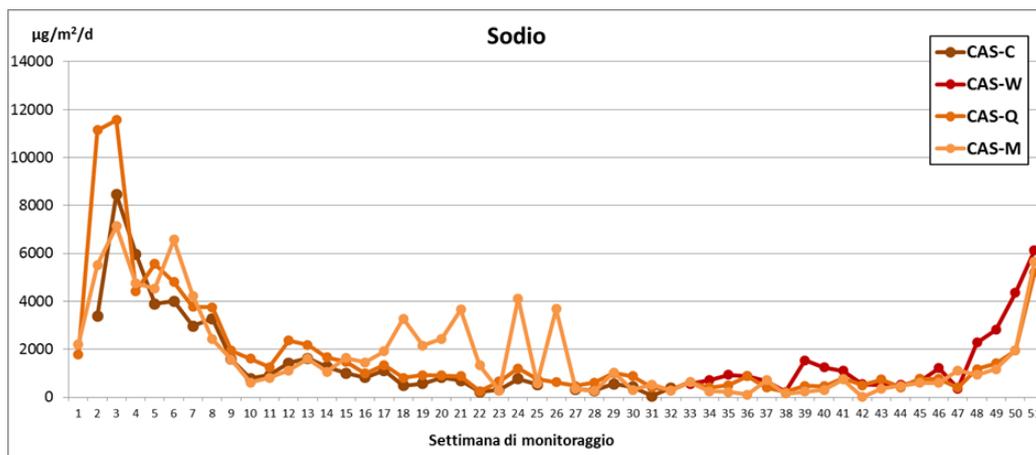


Figura 47 – Andamento temporale della deposizione di sodio nei diversi siti. I valori più elevati si hanno nei mesi invernali più freddi in relazione alla pratica di salatura delle strade per prevenire la formazione del ghiaccio

7. Conclusioni

Il monitoraggio dei fotogrammi acquisiti dalla fotocamera indica che gli eventi di emissione diffusa di polveri dal reparto acciaieria della CAS si verificano regolarmente nei periodi in cui il reparto acciaieria è attivo.

A differenza delle emissioni convogliate, nel caso delle emissioni diffuse non è possibile quantificare mediante delle misurazioni il flusso di sostanze inquinanti immesso nell'ambiente.

Il monitoraggio delle deposizioni, integrato con il monitoraggio dei venti e dei fotogrammi degli eventi di emissione diffusa, consente tuttavia di valutare l'impatto delle emissioni diffuse sull'ambiente esterno e di ricostruire le dinamiche di dispersione degli inquinanti emessi.

I risultati dello studio integrato inducono a ipotizzare che le polveri immesse nell'aria a seguito degli eventi di emissione diffusa rilevati dalla fotocamera ricadano prevalentemente all'interno dello stabilimento in prossimità del reparto acciaieria.

Questo è confermato dalle correlazioni positive tra il numero di eventi di emissione diffusa e i valori di deposizione misurati nel sito CAS-C, posto a poche decine di metri dal reparto acciaieria, dei metalli caratteristici del ciclo produttivo (cromo, nichel, manganese, vanadio, cobalto, calcio, magnesio, cadmio). Ulteriore conferma si ha nella presenza di valori di picco di deposizione di alcuni metalli nel sito CAS-C nelle settimane in cui si è osservato un numero straordinario di eventi vistosi di emissione diffusa.

Si può pertanto dedurre che i processi di deposizione che seguono agli eventi di emissione diffusa provochino un accumulo di polveri e metalli sulle superfici interne dello stabilimento, sia su quelle sopraelevate costituite dai tetti degli edifici, sia sulle superfici a livello del terreno costituite dai piazzali e dalle vie di transito interne.

L'azione dei venti provoca successivamente la risospensione delle polveri e dei metalli accumulati sulle superfici interne dello stabilimento e la dispersione degli stessi anche all'esterno.

La dispersione delle frazioni più grossolane (e più pesanti) di polveri interessa prevalentemente le zone esterne a poche decine di metri dal confine dello stabilimento situate a valle delle principali direzioni del vento, ovvero a ovest e a sud-est rispetto allo stabilimento stesso.

Le frazioni più fini (e leggere) delle polveri sono maggiormente soggette al fenomeno della risospensione e del trasporto a lungo raggio e nel lungo periodo l'azione reiterata da parte dei venti può potenzialmente coinvolgere anche zone poste a diversi chilometri dalla fonte di emissione.

In generale, è necessario tener conto che dal momento in cui una sostanza inquinante viene immessa nell'ambiente essa entra inevitabilmente a far parte del contesto ambientale locale e da quel momento in poi è soggetta a fenomeni di trasporto legati agli eventi atmosferici (venti, precipitazioni) i cui effetti non sono prevedibili né strettamente circoscrivibili.

La numerose informazioni esposte nel presente studio, se considerate nel loro insieme, dimostrano chiaramente che gli eventi di emissione diffusa osservati, unitamente all'azione di risospensione e dispersione da parte dei venti, contribuiscono ad aumentare la quantità di polveri e di metalli nell'aria ambiente del territorio esterno allo stabilimento, sia per le frazioni di polveri più grossolane che hanno influenza prevalente sui valori di deposizione, sia per le frazioni più fini che hanno influenza sulle polveri PM10.

Pertanto, oltre a continuare a garantire la gestione ottimale dei sistemi di abbattimento delle emissioni convogliate, è necessario continuare a perseguire l'obiettivo di contenimento delle emissioni diffuse, mettendo in atto gli opportuni interventi impiantistici e gestionali per la limitazione del numero degli eventi di emissione diffusa, intervenendo prioritariamente sugli eventi di maggiore entità riconducibili a situazioni di anomalia impiantistica e gestionale.

A tal fine è opportuno porre particolare attenzione all'ottimizzazione dell'efficienza di captazione dell'impianto di aspirazione secondaria del reparto acciaieria.

Particolare attenzione dovrà essere posta anche alle azioni di prevenzione e controllo dei contaminanti del rottame caratterizzati da maggiore tossicità come cadmio e arsenico.

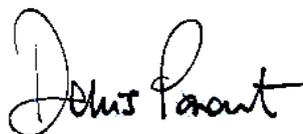
Il monitoraggio delle deposizioni nei siti CAS-W, posto a ovest dello stabilimento, e AO-PEP, posto a sud-est dello stabilimento, risulta particolarmente idoneo per il monitoraggio dell'efficacia delle misure di contenimento delle emissioni diffuse adottate dall'azienda in quanto tali siti risultano sottovento rispetto alle direzioni del vento prevalenti.

A tale proposito, per una adeguata interpretazione dei risultati delle misure è necessario disporre di misure di velocità e direzione dei venti adeguatamente rappresentative e non influenzate dalla presenza di correnti artificiali locali: è pertanto opportuna l'installazione di una stazione meteorologica all'interno dello stabilimento in prossimità delle zone di fuoriuscita delle emissioni diffuse dal reparto acciaieria.

Hanno collaborato alla redazione del presente studio:

Per l'Area Operativa Laboratorio Chimico: Dott.ssa Alessandra Brunier, Dott.ssa Michela Alessio
Per la Sezione Aria e Atmosfera: Dott.ssa. Tiziana Magri

Ing. Devis Panont
A.O. Impatti e Rischi Industriali



Ing. Marco Cappio Borlino
Direttore Tecnico

Allegati:

Allegato 1 – Report esteso sulle attività di monitoraggio e di analisi dei dati