

STRUTTURA COMPLESSA
DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE SUD EST
Struttura Semplice Attività di Produzione Sud Est

MONITORAGGIO PFAS IN ARIA
RELAZIONE TECNICA

RISULTATO ATTESO B5.16

PRATICA G07_2023_01287

Monitoraggio deposizioni gennaio-maggio 2024
Monitoraggio aria gennaio-maggio 2024

Redazione	Funzione: Collaboratore tecnico Attività di Produzione Sud Est Nome: Cristina Littera	
Redazione	Funzione: Collaboratore tecnico Attività di Produzione Sud Est Nome: Cristina Otta	
Redazione	Funzione: Tecnico Prevenzione Attività di Produzione Sud Est Nome: Elena Scagliotti	
Redazione	Funzione: Collaboratore tecnico Laboratorio Specialistico Nord Ovest Nome: dott.ssa Simona Possamai	
Verifica	Funzione: Responsabile Attività di Produzione Sud Est Dott. Enrico Bonansea	
Approvazione	Funzione: Responsabile Dipartimento Territoriale Piemonte Sud Est Dott.ssa Marta Scrivanti	

1. INTRODUZIONE

I PFAS (o sostanze perfluoroalchiliche) sono una famiglia di molecole organiche usate fin dagli anni '50 in numerosissime applicazioni industriali e prodotti di largo consumo. Si va dai detersivi agli insetticidi, dalle vernici all'abbigliamento, dalle schiume antincendio ai rivestimenti dei contenitori alimentari. Il loro impiego si è diffuso a tal punto da riuscire a contaminare qualsiasi ecosistema, persino i ghiacci artici. E a causa della loro eccezionale stabilità chimica, queste sostanze possono persistere nell'ambiente per lunghi periodi di tempo.

A partire dal 2021 Arpa Piemonte ha avviato alcune attività a carattere sperimentale finalizzate allo studio delle metodiche di campionamento ed analisi dei PFAS nell'aria, in assenza, a livello nazionale ed internazionale, di metodi ufficiali validati.

Le attività, condotte attraverso la continuativa collaborazione tra i tecnici del Dipartimento Piemonte Sud Est ed il Laboratorio Specialistico per le misure aeriformi del Dipartimento Nord Ovest di Grugliasco (Torino), hanno riguardato la sperimentazione di differenti metodiche di prelievo, attive e passive, al fine di indagare il comportamento delle sostanze ricercate al variare delle condizioni di campionamento.

Nello specifico sono stati sperimentati:

- Campionamento passivo di deposizioni atmosferiche utilizzato anche per altre tipologie di sostanze (metalli, IPA)
- Campionamento attivo con campionatori ad alto volume tramite prelievo su filtro in fibra di quarzo e spugna poliuretana adsorbente (metodologia utilizzata per la determinazione dei microinquinanti organici)
- Campionamento attivo su fiale adsorbenti XAD2
- Campionamento attivo su filtro in fibra di quarzo, per la caratterizzazione della frazione inalabile delle polveri.
- Campionamento attivo su filtro in fibra di quarzo di polveri PM10

In particolare:

Campionamenti passivi - Deposizioni

L'attività di **monitoraggio passivo delle deposizioni** riferita ai PFAS è stata avviata nel mese di **marzo 2022**, completata la fase di validazione dei vari metodi, secondo un approccio rigoroso e coerente con i principi della ricerca scientifica universalmente riconosciuti e delle norme di qualità adottate in Arpa Piemonte, ed è tutt'ora in corso. Il presente report costituisce un aggiornamento di quelli precedentemente inviati agli Enti (a cui si rimanda per i dettagli), illustrando i risultati ottenuti nel periodo gennaio-maggio 2024 e complessivamente nel periodo marzo 2022- maggio 2024 (vedi paragrafo 4).

Campionamenti Attivi - fiale e filtri PM10

Nel mese di **marzo 2023** sono state avviate le prime iniziative di **monitoraggio dei PFAS in aria tramite campionamenti attivi con fiale adsorbenti**, presso due siti di misura in Spinetta Marengo (in punti esterni allo stabilimento SSPI in aree di massima ricaduta degli inquinanti) e presso un sito del Comune di Piovera, distante circa 10 km dal polo chimico ma situato sottovento rispetto alla direzione prevalente dei venti locali.

In considerazione dei risultati ottenuti il Dipartimento ha avviato dal mese di settembre 2023 una seconda campagna sperimentale di misura dei PFAS su PM10, attraverso l'installazione di un campionatore trasportabile di polveri presso la stazione di Via Genova a Spinetta Marengo, eseguita parallelamente alle misure in contraddittorio con la ditta previste dal monitoraggio trimestrale attraverso il campionamento con fiale adsorbenti.

Dal mese di dicembre 2023 un nuovo punto di campionamento è stato attivato presso la stazione di qualità dell'aria di Alessandria – Volta sempre tramite campionatore trasportabile di PM10. A partire dal mese di maggio 2024 è stato quindi attivato un ulteriore punto di monitoraggio con campionatore PM10 presso il comune di Montecastello.

Nella relazione sono riportati i risultati delle campagne effettuate da Arpa nel 2024 sia nell'ambito della campagna SSPI con fiale di marzo 2024 (vedi paragrafo 5 e 6), sia nei campionamenti di PM10 effettuati da Arpa presso vari punti di misura nei mesi da gennaio a maggio 2024 (vedi paragrafo 7).

2. TECNICHE DI CAMPIONAMENTO 2024

Le tecniche di campionamento su cui l'Agenzia ha deciso di focalizzarsi nel 2024 hanno riguardato il:

- Campionamento passivo di deposizioni atmosferiche utilizzato anche per altre tipologie di sostanze (metalli, IPA)
- Campionamento attivo su fiale adsorbenti XAD2
- Campionamento attivo su filtro in fibra di quarzo di polveri PM10

2.1 Campionamento passivo delle deposizioni totali

Per il campionamento sono stati impiegati sistemi di raccolta delle deposizioni totali (frazione secca + frazione umida) costituiti da un bottiglione di raccolta da 10 litri e da un imbuto con diametro 20cm (Figura 2).

Con i deposimetri si campiona la deposizione atmosferica totale (frazione secca + frazione umida), ovvero la massa totale di sostanza inquinante che, in una data area espressa in m^2 e in un determinato periodo di tempo espresso in giorni (circa 30 giorni), è trasferita dall'atmosfera al suolo, alla vegetazione, all'acqua, agli edifici e a qualsiasi altro tipo di superficie.

La concentrazione delle deposizioni atmosferiche viene espressa come [massa di inquinante (μg) * m^{-2} giorno $^{-1}$].

I deposimetri sono stati esposti mensilmente ed inviati al laboratorio specialistico per le analisi.



Figura 1- Deposimetri

2.2 Prelievo su fiale adsorbenti

Il prelievo è stato condotto in conformità al metodo OSHA63 su fiale SKC 226-30-16. Il flusso di prelievo è pari a 1 l/min. La tecnica di campionamento e la tipologia di fiala utilizzata ricalcano quanto utilizzato SSPI (ora SYENSQO) nei monitoraggi condotti secondo quanto stabilito nella Determinazione Dirigenziale DDAP2-155-2021 del 26/02/2021 e in particolare nella prescrizione 29 (metodica di campionamento attivo su fiala descritto nel protocollo "TNO Triskelion Report V20153"). Si fa presente che le fiale sono specifiche per il campionamento del solo cC₆O₄.



Figura 2-Fiala adsorbente: filtro in fibra di quarzo-XAD2

2.3 Prelievo di polveri PM10

Il campionamento delle polveri PM10 (frazione inalabile delle polveri con diametro < 10 micron su cui sono stati poi determinati i PFAS) è stato effettuato mediante un campionatore trasportabile di polveri secondo la metodica di prelievo UNI EN 12341:2014 su filtri in fibra di quarzo condizionati per 48 ore a condizioni controllate di temperatura e umidità (T=20±1 gradi e 47.5±2.5% umidità). Il prelievo ha avuto durata di 24 ore ad un flusso nominale e costante di 2,3 m³/h.



Figura 3-Campionamento di polveri PM10 su filtro di quarzo

3. PARAMETRI DETERMINATI

Le sostanze perfluoroalchiliche determinate variano in relazione alla tecnica di campionamento considerata: sui campioni prelevati con fiale adsorbenti è stato determinato e quantificato il solo composto cC₆O₄; per quanto concerne deposizioni e campionamento su filtri di PM₁₀ viene determinato un set di analitico più completo, riportato nella tabella 1 seguente

	Composti	N° CAS
FAMIGLIA dei PFAS	PFOA (Acido perfluorooottanoico)	335-67-1 (45285-51-6)
	cC ₆ O ₄	1190931-27-1
	MFS-M3 (MIX Na Salt)	220207-15-8
	MFS-M4 (MIX Na Salt)	220207-15-8
	MFS-N2 (MIX Na Salt) ex ADV-N2	220207-15-8
	MFS-N3 (MIX Na Salt)	220207-15-8
	MFS-N4 (MIX Na Salt)	220207-15-8
	PFOS (acido perfluorooottansolfonico)	1763-23-1
	PFBA (Acido perfluorobutanoico)	375-22-4
	PFHxA (Acido perfluoroesanoico)	307-24-4 (sale di sodio 2923-26-4)
	PFPeA (Acido perfluoropentanoico).	2706-90-3
	PFHPA (Acido perfluoro-n-eptanoico)	375-85-9
	PFNA (Acido perfluoro-n-nonanoico)	375-95-1
	PFUdA (Acido perfluoro-n-un.d.ecanoico)	2058-94-8
	PFDA (Acido perfluoro-n-decanoico)	335-76-2
	PFDS (Acido perfluorodecansolfonico)	5324-84-5
	PFHXS (Acido perfluoroesansolfonico)	1763-23-1
	PFBS (Acido perfluorobutansolfonico)	29420-49-3
	HFPO-DA (Acido perfluoro-2-propossipropanoico)	13252-13-6
PFDOA (Acido perfluoro-n-dodecanoico)	307-55-1	

Tabella 1: Set analitico

Per quanto riguarda la miscela ADV la quantificazione è stata effettuata inizialmente solo per la sostanza ADV-N2 per indisponibilità del materiale certificato.

A partire dal mese di dicembre 2023 si è reso disponibile il materiale di riferimento certificato (CRM) per i diversi componenti della miscela ADV; pertanto, è stato possibile determinare e quantificare quattro delle sei sostanze principali che compongono la miscela (non sono stati determinati MFS-N4 (CAS 220207-15-8 MIX Na Salt) e MFS-N5 (CAS 220207-15-8 MIX Na Salt) per problemi legati alla rispondenza dei requisiti di qualità previsti dal metodo).

A partire dal mese di gennaio 2024 il set è stato implementato anche con il parametro MFS-N4 (CAS 220207-15-8 MIX Na Salt) e nel mese di maggio con il parametro MFS-N5 (CAS 220207-15-8 MIX Na Salt).

4. MONITORAGGIO PFAS NELLE DEPOSIZIONI TOTALI

4.1 Descrizione attività realizzate

L'obiettivo monitoraggio, iniziato nel marzo del 2022 e tutt'ora in corso, è quello di creare una base storica di dati relativi ai flussi di deposizione di PFAS, al fine di valutare eventuali criticità ambientali legate al polo chimico SSPI di Spinetta Marengo-Alessandria.

Il presente report costituisce un aggiornamento di quelli precedentemente inviati agli Enti (a cui si rimanda per i dettagli), illustrando i risultati ottenuti nel periodo gennaio - maggio 2024 e complessivamente nel periodo marzo 2022- maggio 2024.

I siti di misura individuati per il campionamento sono posizionati a Spinetta Marengo, presso la stazione della Rete Regionale della qualità dell'aria di Via Genova e in strada Bolla, e nella frazione San Zeno di Montecastello, solo a partire dal mese di ottobre 2022, sito ubicato a circa 9 Km dal Polo chimico in direzione Nord-Nord Est, come raffigurato nella figura 5 sottostante.

Ai tre punti sopra elencati, a partire dal mese di ottobre 2023, è stato aggiunto un ulteriore punto di misura presso la stazione della qualità dell'aria della Rete Regionale di Alessandria Volta.

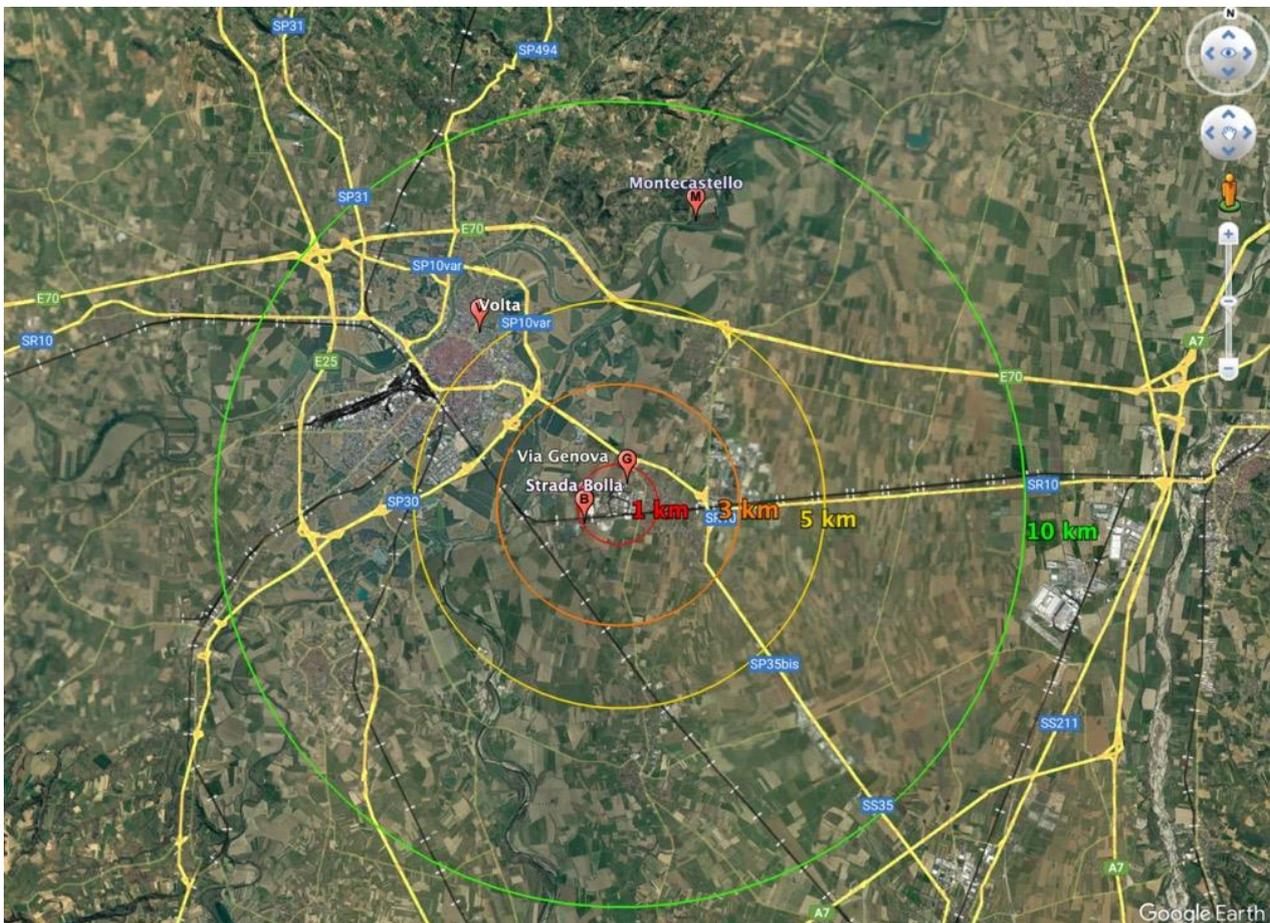


Figura 4- Localizzazione geografica delle postazioni site in via Genova, in Strada Bolla, fraz. San Zeno-Montecastello e Alessandria Volta con indicazione buffer 1-3-5-10 km

4.2 Risultati

Di seguito sono sintetizzati i risultati per i quattro punti di campionamento:

Spinetta Marengo

Nel complesso i campioni analizzati nei due siti di Spinetta Marengo, hanno evidenziato la presenza di cC_6O_4 e MFS-N2 (ex ADV-N2), con valori mediamente sempre maggiori presso la postazione di via Genova rispetto a quelli di strada Bolla. Le concentrazioni di cC_6O_4 risultano significativamente più elevate di quelle relative a MFS-N2 e sempre superiori ai LOQ, sia nella stazione di Via Genova, sia di strada Bolla (ad eccezione di tre mensilità).

In alcuni campioni di via Genova è stata rilevata anche la presenza di PFOA, PFBA, PFDA, PFOS con valori prossimi al limite di quantificazione (LOQ); in strada Bolla di PFBA e PFDaA.

Montecastello

Presso la postazione di Montecastello la deposizione di MFS-N2 è risultata sempre inferiore al limite di quantificazione (LOQ) mentre **per il cC_6O_4 sono state riscontrate tre positività** nei mesi di febbraio, marzo 2023 e dicembre 2023, seppur con valori prossimi al limite di quantificazione.

Alessandria Volta

Presso la postazione di Alessandria Volta, relativamente ai dati acquisiti sino ad ora, non sono state rilevate positività per i parametri cC_6O_4 e MFS-N2. Sono invece state rilevate positività per PFUdA nel monitoraggio dal 11/10/2023-14/11/2023 con valori prossimi a al limite di quantificazione (LOQ).

In tutti e 4 i siti di misura, a partire dal mese di dicembre 2023 non sono più state evidenziate positività per il parametro MFS-N2. Analogamente, a partire dalla data in cui il set analitico è stato implementato, non sono state rilevate positività per gli altri componenti¹ costituenti la miscela ADV.

Ciò potrebbe essere correlabile alle azioni intraprese dalla ditta in relazione alla prescrizione 5 della Determinazione Dirigenziale della Provincia di Alessandria n. DDAP2-155-2021 ("La ditta si deve impegnare entro il 2025 alla totale dismissione dell'ADV7800"), attuate con la cessazione della produzione di ADV nel mese di aprile 2022 e la dismissione di utilizzo nei processi industriali nel mese di settembre 2022.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti nel periodo 16 gennaio - 04 giugno 2024 (tabella 2) e dell'intero periodo di osservazione (marzo 2022-maggio 2024 - tabella 3), in forma tabellare e in grafico (Nota: nei grafici i dati < LOQ sono identificati con il numero zero).

Si evidenzia che i limiti di quantificazione dei campioni analizzati sono variabili a causa della differenza nella quantità di precipitazioni raccolte nei diversi periodi di prelievo.

PERIODO PRELIEVO DEPOSIZIONE	CC604 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$					ADV-N2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$				
	Loq	Strada Bolla	Via Genova	Montecastello	Al-Volta stazione QA	Loq	Strada Bolla	Via Genova	Montecastello	Al-Volta stazione QA
14dic-16gen24	0.06	0.33	1.71	0.07	n.r.	0.06-0.07	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
16gen24-29feb24	0.12-0.13	0.25	0.91	n.r.	n.r.	0.12-0.14	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
29feb24-02apr24	0.27-0.28	0.36	n.d.	n.r.	n.r.	0.27-0.30	n.r.	n.d.	n.r.	n.r.
02apr24-06mag24	0.08-0.11	0.10	0.76	n.r.	n.r.	0.08-0.11	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
06mag24-04giu24	0.13-0.20	n.r.	0.63	n.r.	n.r.	0.13-0.20	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.

Tabella 2- Deposizioni atmosferiche di cC_6O_4 e MFS-N2 registrate nel periodo gen2024-maggio2024
n.r. = non rilevabile in quanto <LOQ, n.d.= non determinato

¹ A partire dal mese di gennaio 2024 è stato possibile determinare e quantificare le sei sostanze principali che compongono la miscela ADV, con alcune variazioni di mese in mese

PERIODO PRELIEVO DEPOSIZIONE	CC604 µg/(m2d)					ADV-N2 µg/(m2d)					
	dal...al...	Loq	Strada Bolla	Via Genova	Montecastello	Al-Volta stazione QA	Loq	Strada Bolla	Via Genova	Montecastello	Al-Volta stazione QA
02mar-07apr22	0.04	0.98	1.94				0.04	0.19	0.77		
07apr-05mag22	0.04	2.71	1.86				0.04	0.18	0.8		
05mag-03giu22	0.04	0.41	3.58				0.04	0.09	0.65		
03giu-06lug22	0.04	0.28	2.19				0.04	0.1	0.77		
06lug-08ago22	0.04	0.27	0.59				0.04	0.11	0.25		
08ago-07set22	0.04	0.78	1.31				0.04	0.07	0.24		
07set-05ott22	0.04	0.66	1.71				0.04	0.11	0.60		
05ott-08nov22	0.04	0.15	1.29	n.r.			0.04	n.r.	0.21	n.r.	
08nov-07dic22	0.16	0.16	1.35	n.r.			0.16	n.r.	n.r.	n.r.	
07dic22-13gen23	0.08	0.15	0.81	n.r.			0.08	n.r.	n.r.	n.r.	
13gen-15feb23	0.04	0.23	0.95	n.r.			0.04	n.r.	n.r.	n.r.	
15feb-15mar23	0.04	0.37	1.61	0.14			0.04	0.06	0.21	n.r.	
15mar-14apr23	0.04	0.72	2.88	0.16			0.04	n.r.	0.2	n.r.	
14apr-11mag23	0.07	0.36	0.43	n.r.			0.07-0.08	n.r.	n.r.	n.r.	
11mag-22giu23	0.07	0.36	0.56	n.r.			0.07-0.12	n.r.	n.r.	n.r.	
22giu-03ago23	0.04	n.r.	0.23	n.r.			0.04	n.r.	0.04	n.r.	
03ago-07set23	0.07	0.12	0.49	n.r.			0.07	n.r.	0.09	n.r.	
07set-11ott23	0.04	n.r.	0.33	n.r.			0.04	n.r.	0.04	n.r.	
11ott-14nov23	0.12-0.13	0.15	1.29	n.r.	n.r.		0.12-0.13	n.r.	0.15	n.r.	n.r.
14nov-14dic23	0.06-0.07	0.17	1.08	n.r.	n.r.		0.06-0.07	n.r.	0.09	n.r.	n.r.
14dic-16gen24	0.06	0.33	1.71	0.07	n.r.		0.06-0.07	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
16gen24-29feb24	0.12-0.13	0.25	0.91	n.r.	n.r.		0.12-0.14	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
29feb24-02apr24	0.27-0.28	0.36	n.d.	n.r.	n.r.		0.27-0.30	n.r.	n.d.	n.r.	n.r.
02apr24-06mag24	0.08-0.11	0.10	0.76	n.r.	n.r.		0.08-0.11	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
06mag24-04giu24	0.13-0.20	n.r.	0.63	n.r.	n.r.		0.13-0.20	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.

Tabella 3- Deposizioni atmosferiche di cC604 e MFS-N2 registrate nel periodo marzo2022 – maggio2024.
- n.r. = non rilevabile in quanto <LOQ, n.d.= non determinato

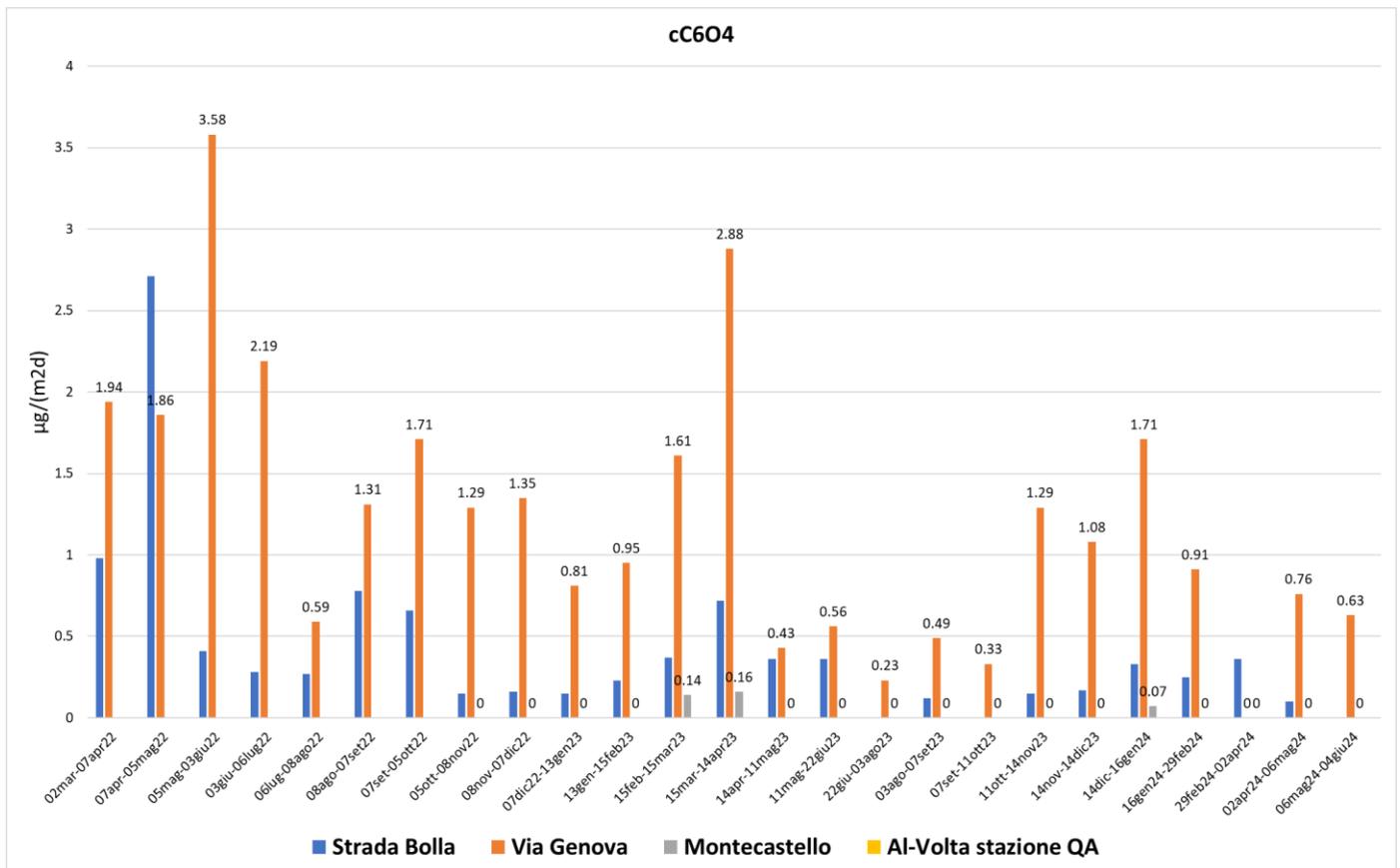


Figura 5 - Deposizioni atmosferiche di cC604 marzo 2022-maggio 2024 – Postazioni di Via Genova, Strada Bolla, Montecastello e Al Volta (quest'ultima da ott-2023)

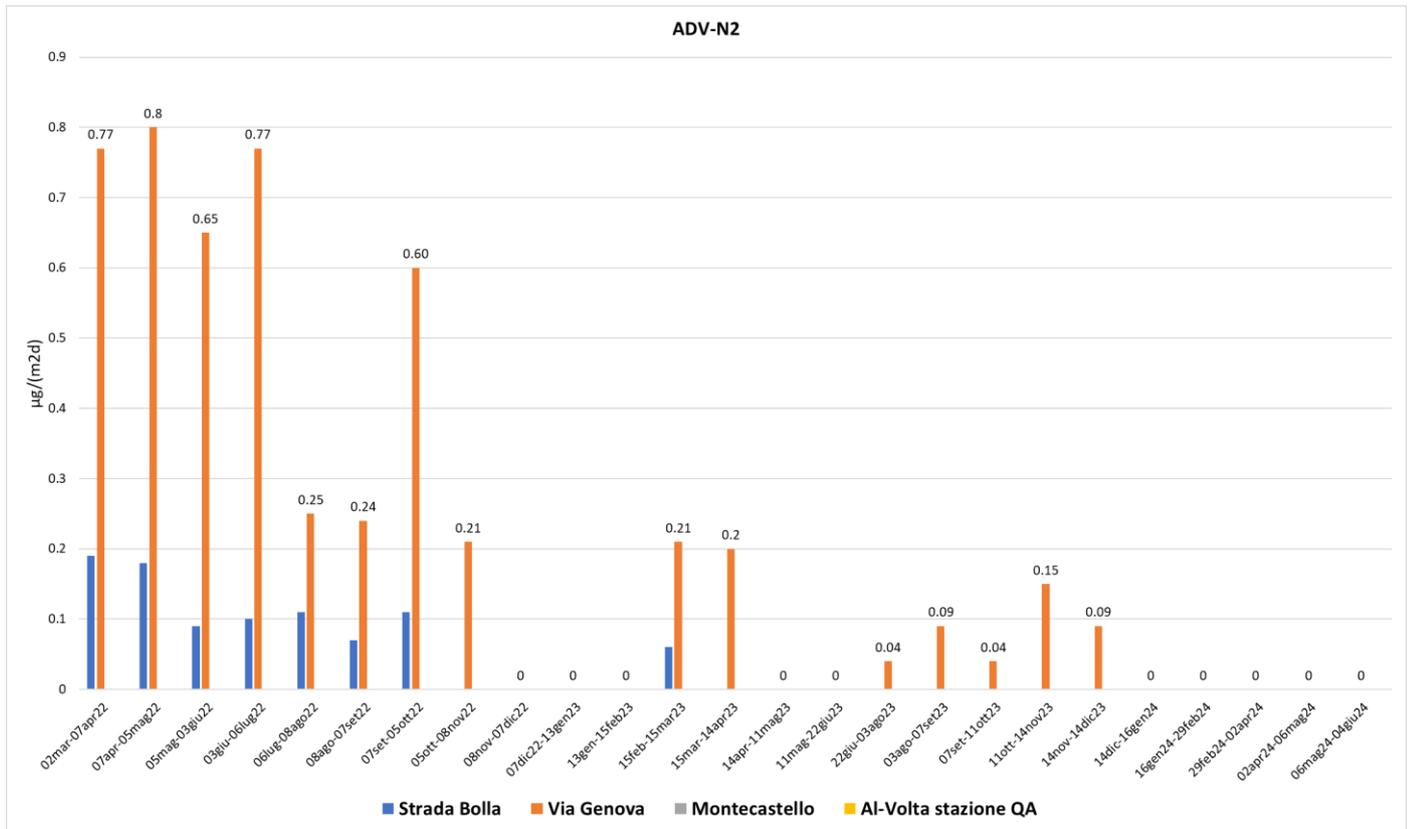


Figura 6- Deposizioni atmosferiche di MFS-N2 marzo 2022-maggio2024 – Postazioni di Via Genova, Strada Bolla, Montecastello e Al Volta (quest'ultima da ott-2023)

Nella tabella seguente vengono riassunti i valori medi delle deposizioni dei due parametri rilevati presso i tre punti di misura² di Strada Bolla, Via Genova e Montecastello nel periodo complessivo di osservazione marzo 2022 - maggio 2024³, il diagramma box-plot multiplo consente di comparare visivamente i box-plot, e quindi le distribuzioni, delle diverse variabili considerate.

PARAMETRI STATISTICI	cC604 µg/(m2d)			MFS-N2 µg/(m2d)		
	Strada Bolla	Via Genova	Montecastello	Strada Bolla	Via Genova	Montecastello
N° DATI	25	24	18	25	24	18
MEDIA	0.41	1.27	0.06	0.07	0.23	<0.06

Tabella 4 - Deposizioni di cC604 e MFS-N2 - valori medi nel periodo di monitoraggio (µg/(m2d)) marzo 2022-maggio2024

² Nelle elaborazioni non è stata considerato il sito di Al-Volta per dati insufficienti (solo 7 mensilità)

³ Nelle elaborazioni i valori<LOQ son stati sostituiti con LOQ/2

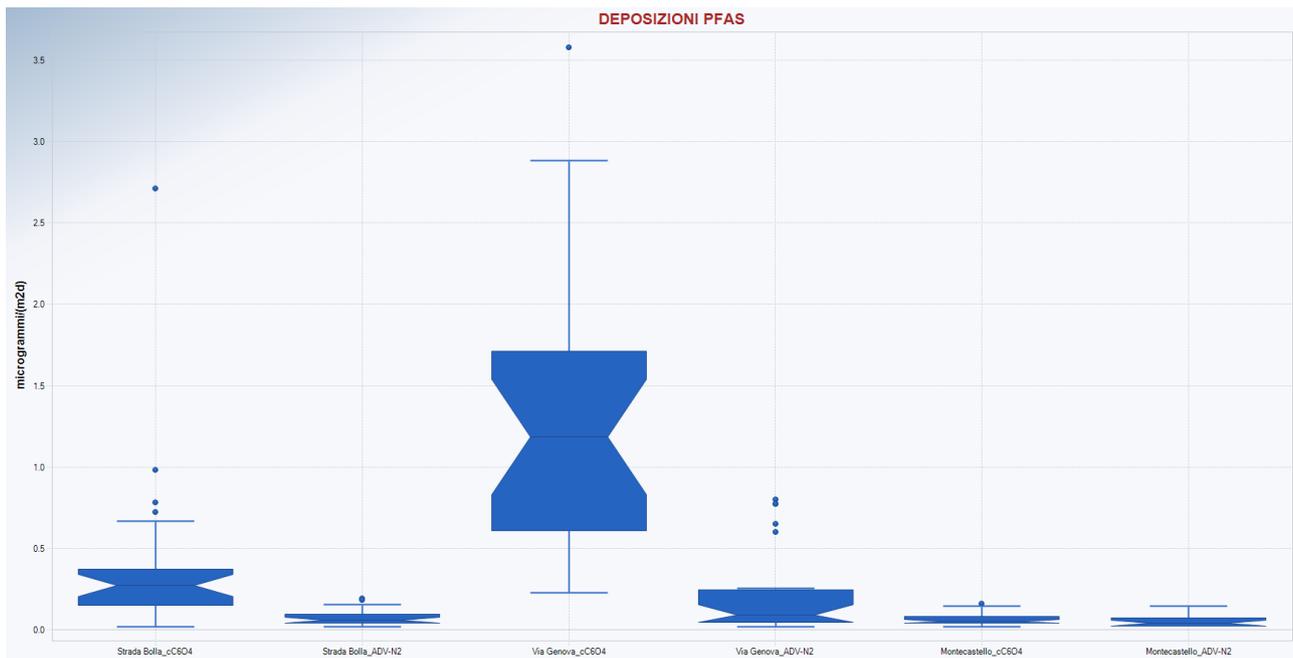


Figura 7 - Box-plot comparativi Deposizioni atmosferiche di cC6O4 e ADV-N2 marzo 2022-maggio 2024 – Postazioni di Via Genova e Strada Bolla e Montecastello.

L'entità delle deposizioni è determinata da un lato dai quantitativi di inquinanti emessi dalle varie sorgenti, dall'altro dalla presenza o meno di condizioni meteo che favoriscono la deposizione degli inquinanti stessi al suolo. Per tale motivo, l'analisi dei dati raccolti deve essere effettuata tenendo conto delle condizioni meteo verificatesi nei periodi di campionamento.

Il costante sviluppo nel tempo del monitoraggio delle deposizioni ha reso disponibile una serie storica di dati di deposizione e meteorologici maggiormente rappresentativa dal punto di vista stagionale e statistico. Ciò ha permesso di avviare una prima analisi volta a valutare la correlazione tra grandezze meteorologiche e deposizione, partendo dalla valutazione delle principali grandezze misurate, rappresentate da precipitazione e direzione ed intensità dei venti.

Al fine di consentire le opportune valutazioni, sono stati presi in esame i dati rilevati dalla stazione meteo in funzione presso la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di via Genova (per le precipitazioni per il 2022 sono stati utilizzati i dati misurati presso la stazione della rete meteorografica di Alessandria Lobbi).

Precipitazioni

In continuità con quanto già effettuato e descritto nella precedente relazione, sono state effettuate nuove elaborazioni attraverso l'indice di correlazione lineare per ranghi di Spearman, con l'obiettivo di verificare o meno la presenza di correlazione tra le due variabili precipitazione e deposizioni, limitatamente al cC6O4 e alle postazioni di via Genova e strada Bolla.

Le analisi condotte confermano quanto già osservato in precedenza, ovvero che tra le due grandezze sembra non esserci alcuna relazione (p -value < 0.001), come evidenziato nella tabella seguente.⁴

⁴ Il valore del coefficiente di Spearman può variare tra -1 e 1. In particolare assume i valori estremi quan.d.o c'è una relazione perfetta di monotonia tra i dati raccolti per le due variabili: se crescono i primi, allora crescono sempre anche i secon.d.i (in questo caso vale +1) oppure se crescono i primi decrescono sempre i secon.d.i (in questo caso vale -1). Il valore 0 invece in.d.ica che i dati non hanno rilevato nessuna forma di ten.d.enza comune. Nelle elaborazioni i valori $< LOQ$ sono stati sostituiti con $LCL/2$

Spearman	Strada Bolla_cC6O4	Via Genova_cC6O4	PIOVOSITA' - (mm)
Strada Bolla_cC6O4		0.68613	-0.10561
Via Genova_cC6O4	0.68613		-0.087666
PIOVOSITA' - (mm)	-0.10561	-0.087666	

Tabella 5: Matrice di correlazione lineare di Spearman— Postazioni di via Genova, Strada Bolla e piovosità

Nelle figure seguenti sono riportate su uno stesso grafico le deposizioni totali per cC6O4 e ADV nei quattro siti di campionamento e la pioggia cumulata contemporaneamente rilevata ⁵(per il 2022 sono stati utilizzati dati misurati presso la stazione della rete meteo-idrografica Alessandria Lobbi, dal 2023 i valori rilevati dalla nuova stazione meteo di via Genova) (Nota: nei grafici i dati < LOQ sono identificati con il numero zero).

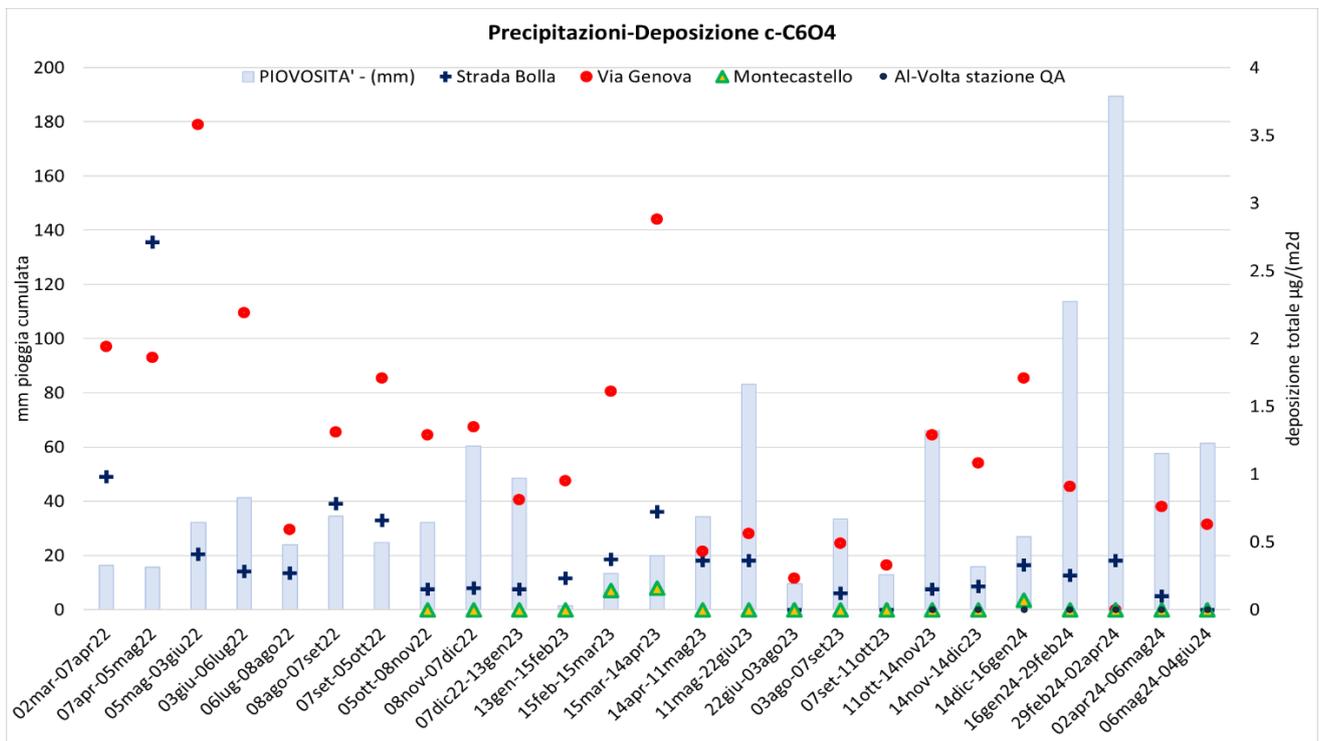


Figura 8- Precipitazioni vs Deposizioni atmosferiche cC6O4 marzo 2022-maggio2024 – Postazioni di via Genova, Strada Bolla, Montecastello e Alessandria Volta (quest'ultima da ott-2023)

⁵ Nei grafici i dati < LOQ sono stati sostituiti con con il numero zero

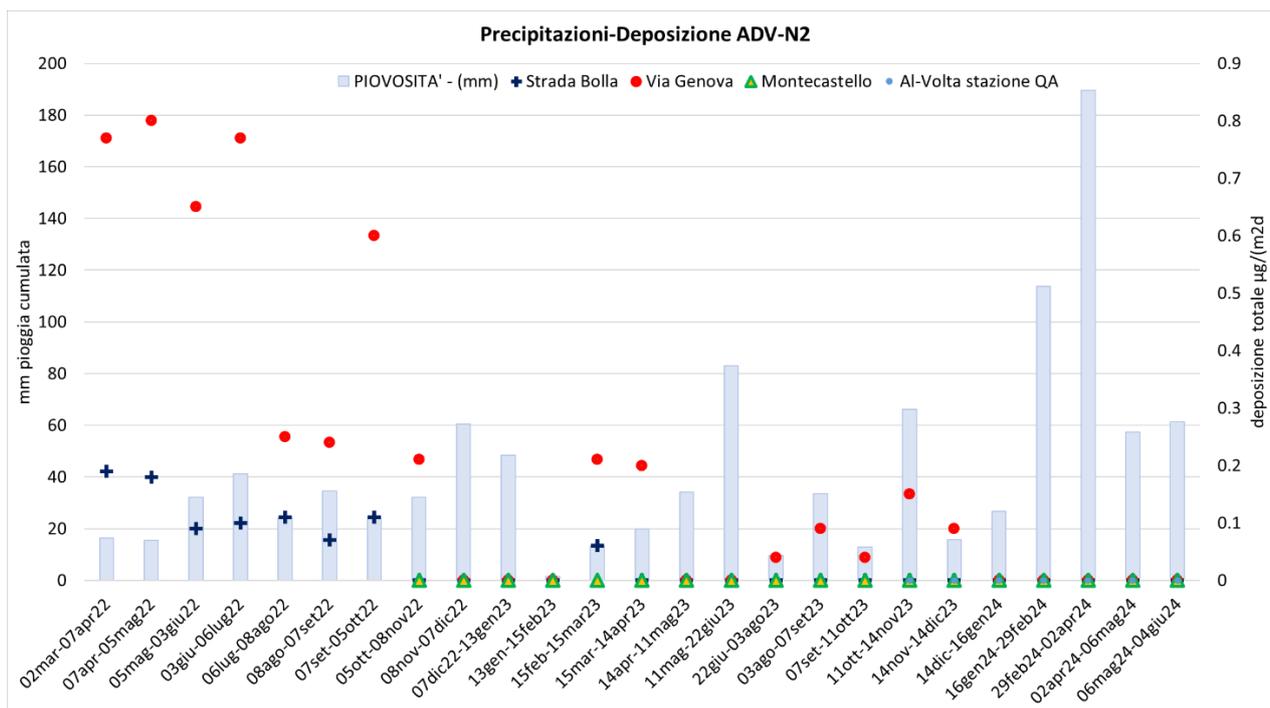
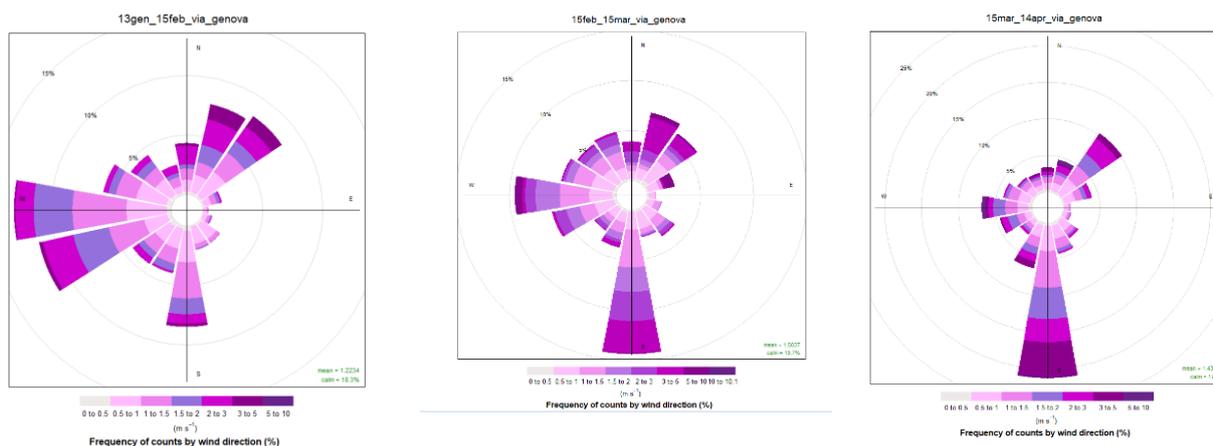


Figura 9- Precipitazioni vs Deposizioni atmosferiche di ADV-N2 marzo 2022-maggio 2024 – Postazioni di via Genova, Strada Bolla, Montecastello e Alessandria Volta (quest'ultima da ott-2023)

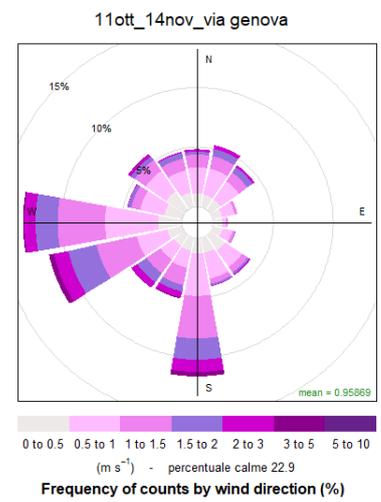
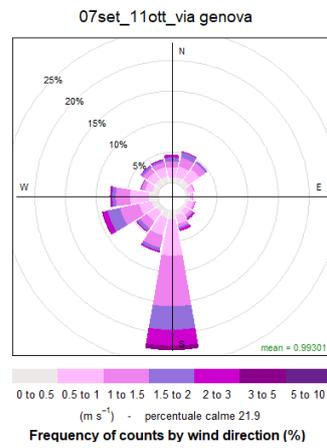
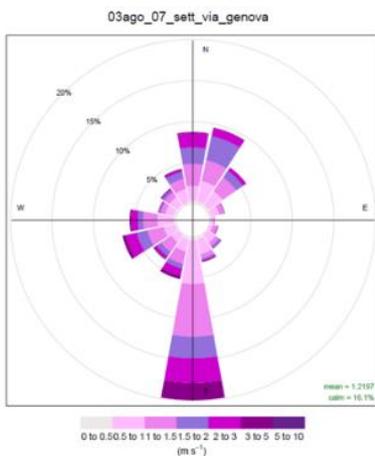
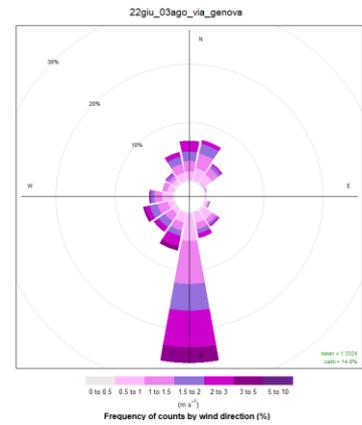
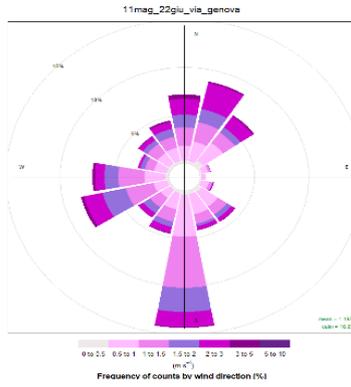
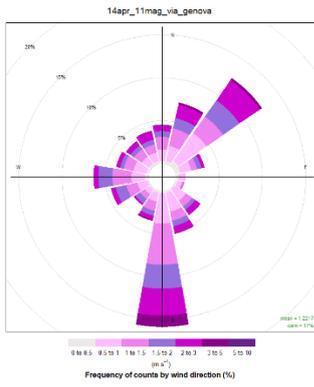
Venti

Sono state calcolate le rose dei venti a partire dal gennaio 2023 per ogni periodo di campionamento, in relazione alle velocità e direzioni rilevate dall'anemometro installato in via Genova.⁶ Di seguito sono riportati i grafici relativi.

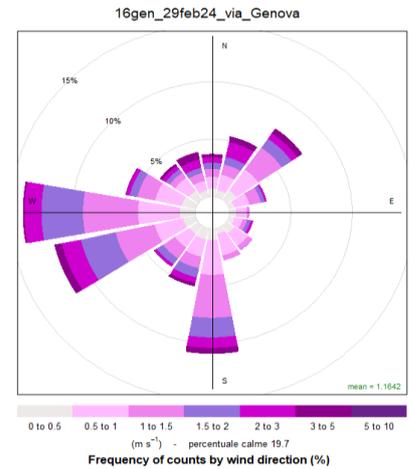
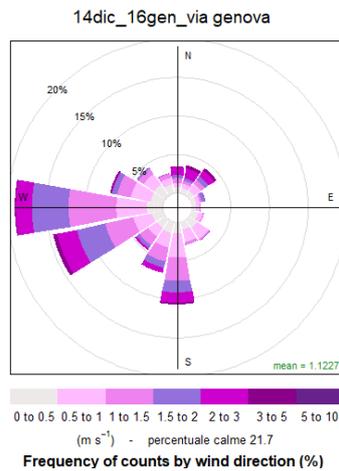
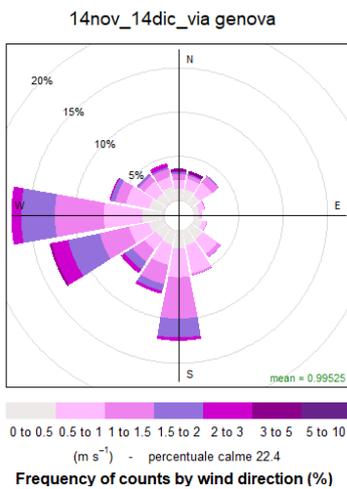
ANNO 2023



⁶ Le elaborazioni sono state effettuate considerando i dati acquisiti nonostante l'altezza attuale dell'anemometro sia pari a 5 metri. Arpa ha fatto richiesta a SSPI di procedere ad innalzare il palo meteo da 5 mt a 10 mt circa, con lo scopo di rimuovere dalla misura anemologica l'errore eventualmente causato da ostacoli (edifici, alberi etc) nei pressi delle cabina.



ANNO 2024



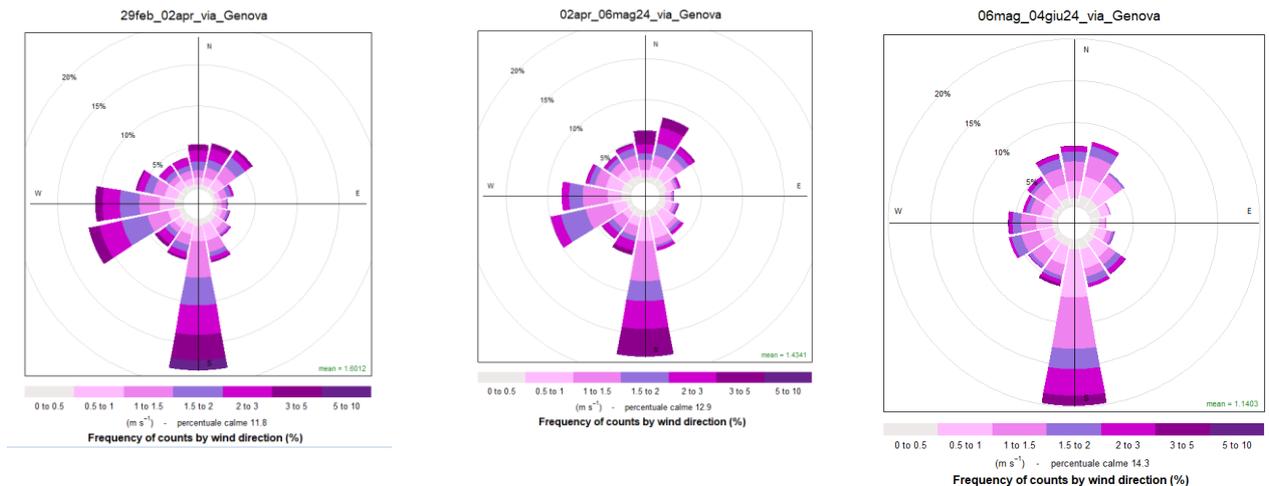


Figura 10-Rose dei venti 2023-2024 suddivise per periodo di misura stazione di via Genova

Le rose dei venti evidenziano direzioni prevalenti diverse in relazione al periodo di misura considerato. Le direzioni prevalenti sono quelle da Sud con componenti da OSO e NNE (in direzione favorevole alle postazioni di Montecastello e via Genova) per i mesi da febbraio ad ottobre, da Ovest con componenti OSO-S per i mesi di gennaio, febbraio, ottobre, novembre e dicembre. La percentuale di calma di vento durante il periodo monitorato è pari circa il 20%, le velocità dei venti sono comprese tra un regime di calma di vento (<0.5m/s) ad una condizione di brezza leggera (1.5<v<3m/s) determinando un regime di vento caratterizzato da velocità basse.

DATA	CC6O4 stazione via genova (µg/(m2d))	DIR VENTO PREV	CALME DI VENTO
13gen-15feb23	0.95	OSO-NNE	18%
15feb-15mar23	1.61	S-N OSO-NNE	20%
15mar-14apr23	2.88	S-N	17%
14apr-11mag23	0.43	S-N	17%
11mag-22giu23	0.56	S-N	17%
22giu-03ago23	0.23	S-N	15%
03ago-07set23	0.49	S-N	23%
07set-11ott23	0.33	S-N	22%
11ott-14nov23	1.29	OSO-NNE, S-N	23%
14nov-14dic23	1.08	OSO-NNE	22.4
14dic-16gen24	1.71	OSO-NNE	22%
16gen24-29feb24	0.91	OSO-NNE S-N	19.7
29feb24-02apr24	n.d.	S-N, OSO-NNE	11.8
02apr24-06mag24	0.76	S-N	12.9
06mag24-04giu24	0.63	S-N	14.3

Tabella 6: concentrazioni C₆O₄ mensili rispetto a direzioni prevalenti e percentuale calme di vento

In generale i valori rilevati sembrano non essere esclusivamente influenzati dalle variabili anemologiche: ad esempio, le maggiori concentrazioni di cC6O4 rilevate presso il sito di via Genova

nel periodo 14 marzo-14 aprile 2023 sono in corrispondenza di venti prevalenti da Sud, mentre quelle del periodo 14 dicembre-16 gennaio 2024 sono state determinate con venti prevalenti da Ovest.

I risultati sin qui ottenuti confermano quindi la natura complessa del meccanismo di deposizione al suolo già rilevato nelle precedenti relazioni, tenuto anche conto dell'assenza di un quadro di riferimento puntuale sulle emissioni determinate dalle singole sorgenti durante il periodo di osservazione. Risulta pertanto necessario proseguire l'analisi costruendo una serie temporale più ampia.

5. CAMPIONAMENTI ATTIVI CON FIALE ADSORBENTI- CAMPAGNA MARZO 2024

5.1 Descrizione attività realizzate

Lo scopo del monitoraggio è stato quello di effettuare, in continuità con quanto già effettuato nel 2023, campionamenti di PFAS in concomitanza con una delle campagne di rilevazione condotte da SSPI (ora SYENSQO), secondo quanto stabilito nella Determinazione Dirigenziale DDAP2-155-2021 del 26/02/2021 e in particolare nella prescrizione 29:

“Si richiede a Solvay l'effettuazione di campagne di monitoraggio periodiche trimestrali della presenza in aria dei PFAS, ivi compreso il cC6O4, in aree esterne allo stabilimento con metodiche e modalità da concordarsi con ARPA e da eseguire in contraddittorio con ARPA, con i relativi costi sostenuti a carico del gestore dell'impianto.”

Le 6 postazioni di monitoraggio (raffigurate nella figura 12 seguente) individuate in accordo con ARPA, considerando le risultanze della simulazione modellistica presentata da SSPI (ora SYENSQO) nell'ambito del procedimento sopracitato, sono le seguenti:

1. Punto “R1” posizionato presso la Scuola Caretta-Stazione di monitoraggio in via del Ferraio;
2. Punto “R2” posizionato presso la Stazione Monitoraggio Arpa in via Genova;
3. Punto “R3” posizionato in via Torre;
4. Punto “R4” posizionato in via Levata;
5. Punto “R5” posizionato in Strada Bolla;
6. Punto “R6” posizionato in via Garibaldi, all'interno del perimetro aziendale

Su tali postazioni SSPI (ora SYENSQO) ha effettuato campionamento mediante metodica con fiale per la ricerca di cC6O4 e ADV-N2.



Figura 11: punti misura PFAS prescrizione 29 Determinazione Dirigenziale DDAP2-155-2021 del 26/02/2021

Contestualmente ai campionamenti effettuati dalla ditta SSPI (ora SYENSQO) in attuazione della prescrizione 29 dell'AIA vigente (modifica sostanziale del 2021), l'Agenzia ha quindi effettuato le proprie misure, nelle giornate del 25/03/2024 e dal 02/04/2024 al 05/04/2024, per 5 cinque giorni (di cui 4 consecutivi) presso il punto di via Genova⁷:

Parallelamente alle misure con **fiala adsorbente** Arpa Piemonte ha effettuato campionamenti di PM10 i cui risultati sono riportati nel successivo **PARAGRAFO 7**

Tutti i campionamenti con fiale sono durati 6 ore circa (dalle 09.00 alle 15.00), mentre il campionamento di PM10 è durato 24 ore (come da metodo uni normato 12341:2023). Il volume campionato varia quindi da metodica a metodica a causa del diverso flusso di campionamento adottato. Come indicato nei paragrafi precedenti, per l'analisi dei campioni prelevati è stata applicato il metodo interno messo a punto dal laboratorio, U.RP.MA149 rev01 2022.

Analisi dati meteorologici

I dati anemologici rilevati dalla stazione metereologica fissa ubicata presso la stazione di via Genova nelle giornate di monitoraggio, vengono riassunti nella tabella x seguente. Come visibile, nella settimana considerata non si sono verificati episodi di pioggia.

Data	Temperatura media [°C]	Pressione atmosferica media [hPa]	Umidità media [%]	Precipitazioni [mm pioggia cumulata]
25/03/2024	9.1	996.4	52.6	0
02/04/2024	12.5	1001.1	67.5	0
03/04/2024	13.6	1003.4	72.8	0
04/04/2024	13.2	1007.6	78.1	0
05/04/2024	14.1	1011.3	75.4	0

Tabella 7-Dati anemologici stazione via Genova 25marzo e 02-05aprile2024

E' stata elaborata le rosa dei venti settimanale (periodo 2-5 aprile) che ha evidenziato venti prevalenti sull'asse S-N. Le direzioni prevalenti vengono confermate anche nelle rose giornaliere ad accezione della giornata del 25 marzo in cui si è riscontrato vento prevalente sull'asse NE-SW.

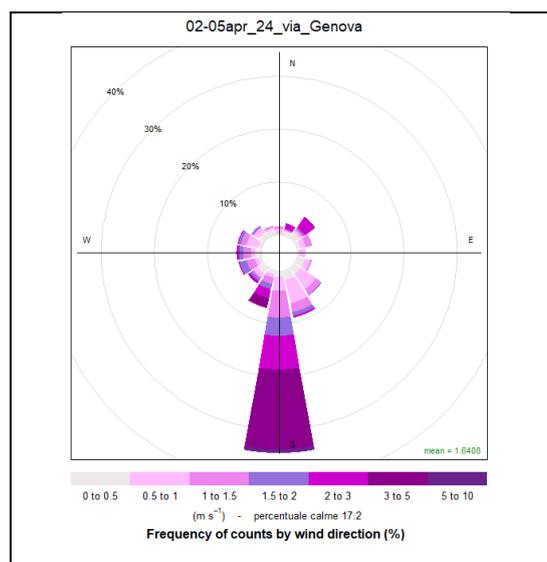


Figure 12 - Rosa dei venti complessiva periodo 02-05 aprile 2024

⁷Non è stato possibile effettuare campionamenti in giornate consecutive a causa della presenza di giornate di pioggia che avrebbero potuto influire sugli esiti del campionamento

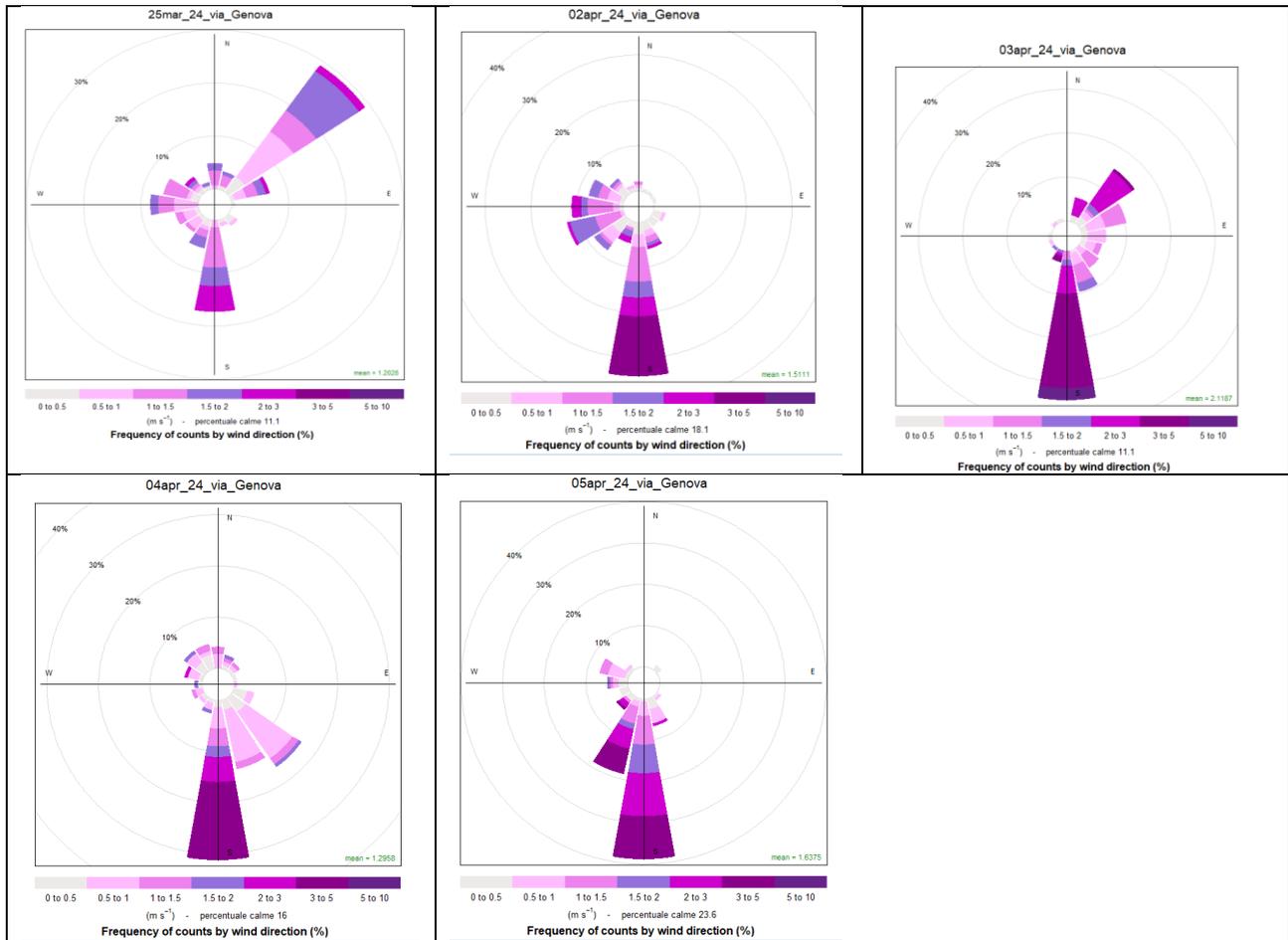


Figura 13 -Rose dei venti giornaliere 25marzo-05aprile 2024 stazione di via Genova.

5.2 Risultati analisi e confronto con misure SSPI

Relativamente ai campionamenti attivi con fiale adsorbenti, 4 campioni su 5 effettuati presso via Genova sono risultati inferiori al limite di quantificazione (LOQ) della metodica, pari a 1.1 ng/m³.

Data	Punto di prelievo	Descrizione	Volume prelevato (m ³)	cC6O4 (ng/m ³) LOQ = 1.1 ng/m ³
25/03/2024	VIA GENOVA	FIALA 1	0.34	n.r.
02/04/2024	VIA GENOVA	FIALA 2	0.4	n.r.
03/04/2024	VIA GENOVA	FIALA 3	0.36	n.r.
04/04/2024	VIA GENOVA	FIALA 4	0.43	n.r.
05/04/2024	VIA GENOVA	FIALA 5	0.37	2.3

Tabella 8: Risultati PFAS con fiale adsorbenti 25marzo-05aprile; n.r. = non rilevabile in quanto <LOQ

SSPI (ora SYENSQO) non ha ancora condiviso le risultanze analitiche dei campionamenti effettuati in concomitanza a quelli di Arpa Piemonte relativi alla campagna di marzo 2024: si resta in attesa delle risultanze.

6. CAMPIONAMENTO ATTIVO SU FILTRI PM10

La determinazione del PM10 e la conseguente speciazione chimica con determinazione dei PFAS è stato effettuato in due modalità differenti:

1. **Giornalmente**, presso il punto di misura di via Genova, contestualmente alla campagna di misura trimestrale SSPI di marzo 2024 (VEDI PARAGRAFO 5)
2. **Mensilmente** a partire dal mese di gennaio 2024 su un set di 5 stazioni, analizzando campioni compositi mensili e conseguentemente alla messa a punto del metodo da parte dell'agenzia.

Il campionamento mensile è stato effettuato in parallelo tramite campionatori fissi presenti presso le stazioni della rete di monitoraggio regionale di qualità dell'aria o campionatori trasportabili, ubicati a differenti distanze dal polo chimico:

1. frazione Spinetta M.go (Alessandria) , Stazione industriale di Via Genova in area di massima ricaduta del polo chimico distante circa 150 mt.
2. Alessandria Volta, Stazione di fondo urbano distante circa 5.5 km dal polo chimico a NNW rispetto allo stabilimento
3. Montecastello, distante circa 7.5 Km dal polo chimico in direzione NNE
4. Dernice Costa, Stazione di fondo rurale utilizzata come sito di riferimento, ubicata in una località remota a circa 800 mt slm, priva di industrie e scarsamente popolata (198 abitanti), distante circa 37 km dal polo chimico.
5. Asti Baussano, Stazione di traffico urbano, rappresentativa di un diverso contesto urbano e molto distante da Polo chimico (oltre 37 Km)

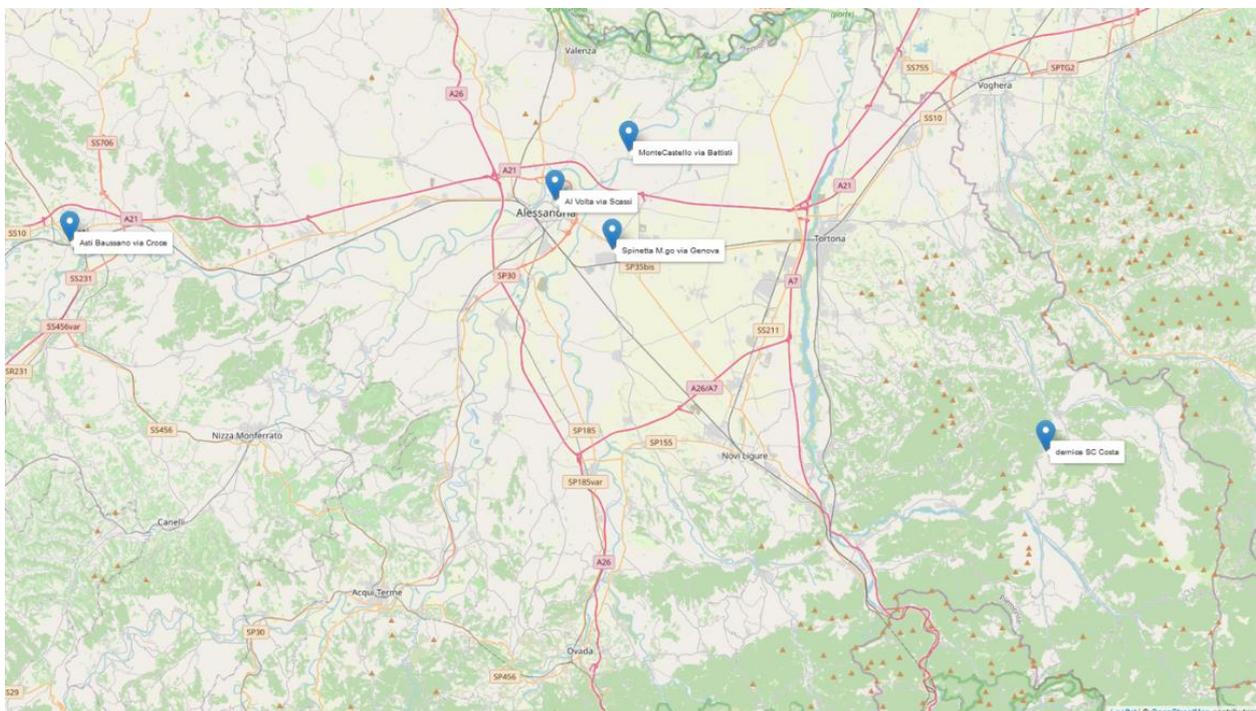


Figura 14 - Ubicazione punti di monitoraggio PFAS in PM10

6.1 RISULTATI CAMPIONAMENTI ATTIVI GIORNALIERI PM10

Per quanto riguarda le concentrazioni di PFAS determinate sui campioni giornalieri di PM10 prelevati presso il punto di via Genova nel periodo 25 marzo-05 aprile, si evidenzia la presenza costante di cC6O4 e di 5 delle 6 sostanze che compongono la miscela ADV su tutti i campioni, mentre gli altri PFAS determinati sono risultati inferiori ai loro limiti di quantificazione, come riassunto nella tabella seguente.

DATA	Punto di prelievo	Volume prelevato (m3)	cC604 (ng/m3)	MFS-N2 (ng/m3)	MFS-M3 (ng/m3)	MFS-M4 (ng/m3)	MFS-N3 (ng/m3)	MFS-N4 (ng/m3)	MFS-N5 (ng/m3)
			LOQ: 0.004	LOQ: 0.007	LOQ: 0.007	LOQ: 0.007	LOQ: 0.007	LOQ: 0.007	LOQ: 0.007
25/03/24	Via Genova	54.7	1.586	0.045	0.023	0.024	0.053	0.014	ND
02/04/24	Via Genova	54.7	0.447	n.r.	0.011	0.013	0.027	0.009	ND
03/04/24	Via Genova	54.7	0.317	n.r.	0.012	0.024	0.043	0.014	ND
04/04/24	Via Genova	54.7	0.392	0.042	0.057	0.029	0.112	0.011	ND
05/04/24	Via Genova	54.7	0.490	0.772	0.332	0.274	0.737	0.085	ND

Tabella 9: Punto Prelievo Via Genova - Risultati PFAS su filtri PM10 marzo-aprile 2024

n.r. = non rilevabile in quanto <LOQ, ND= non determinato

DATA	Punto di prelievo	PFOA (ng/m3)	PFBA (ng/m3)	PFBS (ng/m3)	PFHxA (ng/m3)	PFDA (ng/m3)	PFDoA (ng/m3)	PFHPA (ng/m3)	PFNA (ng/m3)	PFUdA (ng/m3)	PFOS (ng/m3)	PFPeA (ng/m3)	HFPO-DA (ng/m3)	PFDS (ng/m3)	PFHXS (ng/m3)
		LOQ: 0.004 ng/m3	LOQ: 0.007 ng/m3	LOQ: 0.004 ng/m3	LOQ: 0.004 ng/m3										
25/03/24	Via Genova	n.r.													
02/04/24	Via Genova	n.r.													
03/04/24	Via Genova	n.r.													
04/04/24	Via Genova	n.r.													
05/04/24	Via Genova	n.r.													

Tabella 10: Punto Prelievo Via Genova - Risultati PFAS su filtri PM10 marzo-aprile 2024

n.r. = non rilevabile in quanto <LOQ, ND= non determinato

L'analisi dei risultati delle campagne condotte da Arpa nel mese di MARZO-APRILE 2024 ha consentito di consolidare le considerazioni già evidenziate in precedenza, che potranno essere affinate con il prosieguo delle attività di monitoraggio anche in contraddittorio con la ditta SPPI (ora SYENSQO):

- il campionamento di PM10, consentendo per sua natura la raccolta di un maggior quantitativo di aria, garantisce un abbassamento dei limiti di quantificazione, con conseguente rilevazione di cC6O4 su tutti i campioni e degli isomeri della miscela ADV e di un'ampia gamma di molecole utilizzando un unico supporto di campionamento (filtro). Inoltre, il metodo di campionamento, standardizzato e robusto in quanto allineato alla norma UNI-EN-12341, permette un monitoraggio in continuo degli analiti e il confronto con eventuali altri siti di misura
- il metodo di campionamento con fiale, utilizzato da SSPI non consente di effettuare un monitoraggio in continuo né di cC6O4 né di isomeri ADV in quanto è limitato al tempo di campionamento di 6 ore e a 4 campagne/anno programmate di 5 giorni lavorativi.

Data	Punto di prelievo	CAMPIONAMENTO CON FIALA cC6O4 (ng/m3)	CAMPIONAMENTO SU PM10 cC6O4 (ng/m3)
		<i>Tempo campionamento 6 ore</i>	<i>Tempo campionamento 24 h</i>
		<i>LOQ = 1.11 ng/m3 (2.3 ng/m3 per i campioni di settembre 2023)</i>	<i>LOQ = 0.004 ng/m3</i>
27/03/2023	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	<i>ND</i>
28/03/2023	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	<i>ND</i>
29/03/2023	VIA GENOVA	5.8	<i>ND</i>
30/03/2023	VIA GENOVA	2	<i>ND</i>
25/09/2023	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	1.519
26/09/2023	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	1.24
27/09/2023	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	1.31
28/09/2023	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	<i>ND</i>
29/09/2023	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	1.408
11/12/2023	VIA GENOVA	2.92	2.333
12/12/2023	VIA GENOVA	6.61	0.813
13/12/2023	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	0.766
14/12/2023	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	1.751
15/12/2023	VIA GENOVA	9.36	6.014
25/03/2024	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	1.586
02/04/2024	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	0.447
03/04/2024	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	0.317
04/04/2024	VIA GENOVA	<i>n.r.</i>	0.392
05/04/2024	VIA GENOVA	2.3	0.49

Tabella 11: Punto Prelievo Via Genova- Confronto concentrazioni di cC6O4 con metodo campionamento fiale e PM10-monitoraggi 2023-2024- *n.r.* = non rilevabile in quanto <LOQ, *ND*= non determinato

6.2 RISULTATI CAMPIONAMENTI ATTIVI MENSILI PM10

Obiettivo della sperimentazione avviata nel 2023 e proseguita in modo strutturale nel 2024 è stato quello di mettere a punto una metodica di campionamento ed analisi funzionale ad un monitoraggio esteso e continuo dei PFAS in aria ambiente, utile a comprendere i fenomeni di dispersione di questi inquinanti in aree “esposte e non” alle ricadute del polo chimico.

Al fine di implementare il monitoraggio in continuo su base mensile, in accordo con il Laboratorio Nord Ovest di Arpa Piemonte, è stata messa a punto l'operazione di fustellatura dei filtri, già in uso per la determinazione di altri parametri analitici come gli IPA e i metalli normati in qualità dell'aria.

Tale metodica è stata validata attraverso l'analisi di campioni medi composti costituiti dalla somma delle fustelle di 14 filtri PM10 prelevati tra il 7 e il 20 dicembre presso le stazioni di via Genova e Alessandria Volta. Le prove di validazione hanno evidenziato un elevato grado di accordo dei risultati e hanno consentito di valutare una buona ripetibilità del metodo. Si è quindi proceduto a partire da gennaio 2024 ad applicare tale metodica restituendo dati su base mensile per tutti i punti di monitoraggio considerati.

Punto di prelievo	LOQ	VIA GENOVA				
	ng/m3	GEN 2024 - media	FEB 2024 - media	MAR 2024 - media	APR 2024 - media	MAG 2024 - media
Acido perfluorobutanoico (PFBA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluorobutansolfonico (PFBS) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoroesanoico (PFHxA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-decanoico (PFDA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-dodecanoico (PFDoA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-eptanoico (PFHPA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-nonanoico (PFNA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-undecanoico (PFUDA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluorooctanoico (PFOA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluorooctansolfonico (PFOS) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoropentanoico (PFPeA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
cc604 (ng/m3)	0.004	1.461	1.534	1.137	0.834	0.821
Acido perfluorodecansolfonico (PFDS) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoroesansolfonico (PFHXS) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-2-propossipropanoico (HFPO-DA) (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
MFS-M3 (ng/m3)	0.007	0.011	0.020	0.018	0.121	0.048
MFS-M4 (ng/m3)	0.007	0.008	0.014	0.032	0.158	0.072
MFS-N2 (ng/m3)	0.007	0.026	0.035	0.036	0.184	0.071
MFS-N3 (ng/m3)	0.007	0.026	0.049	0.057	0.322	0.160
MFS-N4 (ng/m3)	0.007	n.r.	0.009	0.018	0.057	0.034
MFS-N5 (ng/m3)	0.007	ND	ND	ND	ND	n.r.

Tabella 12: Riassunto dati mensili 2024 (media dei campioni composti) via Genova _n.r. = non rilevabile in quanto <LOQ, ND= non determinato

Punto di prelievo	LOQ ng/m3	AL-VOLTA	AL-VOLTA	AL-VOLTA	AL-VOLTA	AL-VOLTA	DERINCE- COSTA	DERINCE- COSTA	DERINCE- COSTA	DERINCE- COSTA	DERINCE- COSTA
PARAMETRO/MESI		gen-24	feb-24	mar-24	apr-24	mag-24	gen-24	feb-24	mar-24	apr-24	mag-24
Acido perfluorobutanoico (PFBA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluorobutansolfonico (PFBS) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoroesanoico (PFHxA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-decanoico (PFDA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-dodecanoico (PFDoA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-eptanoico (PFHPA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-nonanoico (PFNA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-undecanoico (PFUdA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluorooottanoico (PFOA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluorooottansolfonico (PFOS) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoropentanoico (PFPeA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
cC6O4 (ng/m3)	0.004	0.031	0.009	0.03	0.012	0.016	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluorodecansolfonico (PFDS) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoroesansolfonico (PFHXS) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-2-propossipropanoico (HFPO-DA) (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
MFS-M3 (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
MFS-M4 (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
MFS-N2 (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	ND	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	ND.
MFS-N3 (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
MFS-N4 (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
MFS-N5 (ng/m3)	0.007	ND	ND	ND	ND	n.r.	ND	ND	ND	ND	n.r.

Tabella 13: Riassunto dati mensili 2024 campioni composti Al-Volta, Derrice-Costa n.r. = non rilevabile in quanto <LOQ, ND= non determinato

Punto di prelievo	LOQ ng/m3	AT-BAUSSANO	AT-BAUSSANO	AT-BAUSSANO	AT-BAUSSANO	AT-BAUSSANO	MONTECASTELLO
PARAMETRO/MESI		gen-24	feb-24	mar-24	apr-24	mag-24	mag-24
Acido perfluorobutanoico (PFBA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluorobutansolfonico (PFBS) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoroesanoico (PFHxA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-decanoico (PFDA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-dodecanoico (PFDoA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-eptanoico (PFHPA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-nonanoico (PFNA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-n-undecanoico (PFUdA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoroottanoico (PFOA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoroottansolfonico (PFOS) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoropentanoico (PFPeA) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
cc6O4 (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	0.036
Acido perfluorodecansolfonico (PFDS) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoroesansolfonico (PFHXS) (ng/m3)	0.004	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Acido perfluoro-2-propossipropanoico (HFPO-DA) (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
MFS-M3 (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
MFS-M4 (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
MFS-N2 (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	ND	ND	ND
MFS-N3 (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
MFS-N4 (ng/m3)	0.007	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
MFS-N5 (ng/m3)	0.007	ND	ND	ND	n.r.	n.r.	n.r.

Tabella 14: Riassunto dati mensili 2024 campioni composti At-Baussano e Montecastello n.r. = non rilevabile in quanto <LOQ, ND= non determinato

Relativamente alle tabelle è possibile osservare che:

- Viene confermata una buona ripetibilità della metodica visibile sui campioni medi mensili effettuati presso la stazione di via Genova e Montecastello.
- Le concentrazioni maggiori di cC6O4 sono sempre determinate presso la stazione di Via Genova (range concentrazioni medie rilevate presso Al-Volta nei mesi considerati 0.009-0.031 ng/m³ rispetto a un range pari a 0.821-1,535 ng/m³ presso Via Genova);
- I primi campioni effettuati nel mese di maggio presso il sito di Montecastello evidenziano la presenza di cC6O4 nel PM10, con valori pari a 0.036 ng/m³, come media di due determinazioni in doppio;
- Si evidenzia, presso il sito di Via Genova, la presenza costante degli isomeri della miscela ADV, non rilevata nelle altre stazioni. Gli isomeri presenti in concentrazioni maggiori risultano essere il MFS-N3, MFS-N2 e MFS-M4, come visibile nel grafico di figura seguente

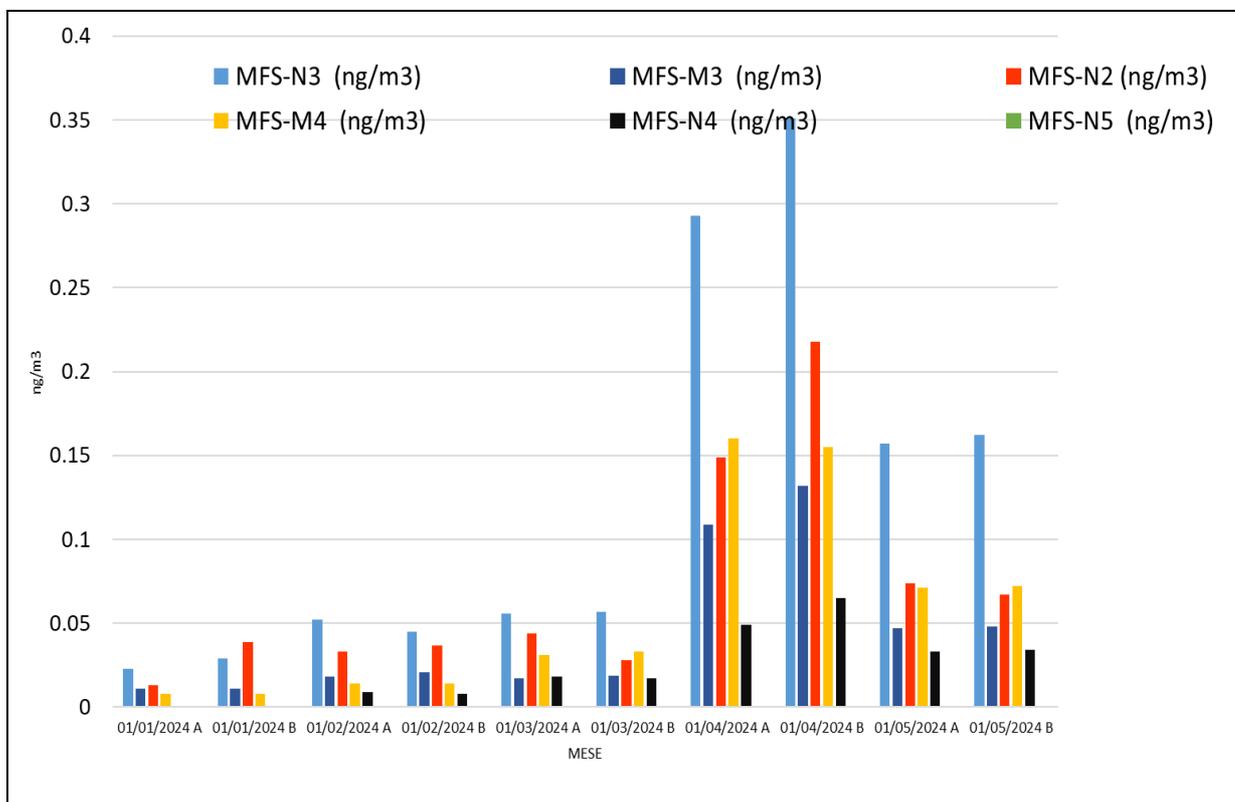


Figura 15: Concentrazioni mensili Isomeri ADV periodo gennaio-maggio 2024-stazione via Genova-Spinetta Marengo

- Concentrazioni inferiori al LOQ per tutti i parametri presso le stazioni “non esposte” di Dernice Costa e At-Baussano

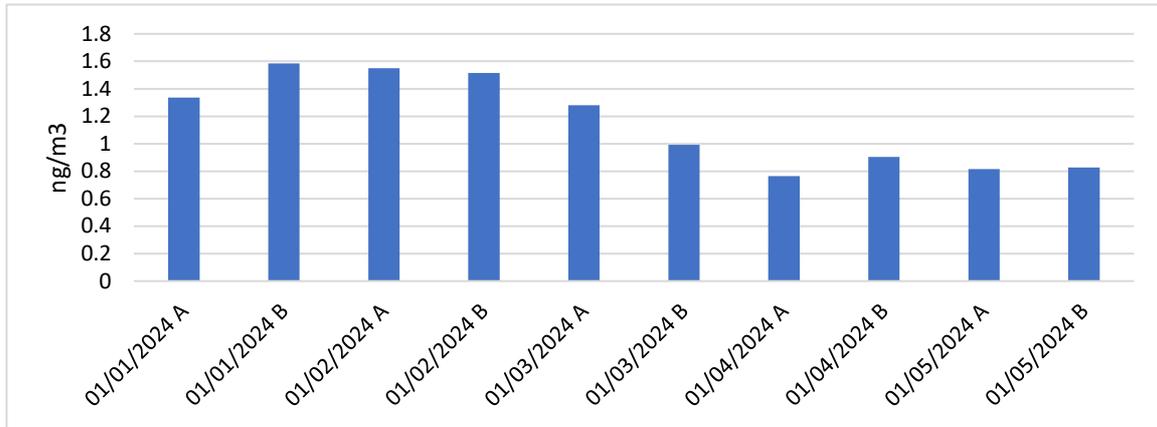


Figura 16: Stazione via Genova-Spinetta Marengo: Concentrazioni mensili cC6O4 su PM10 periodo gennaio-maggio 2024

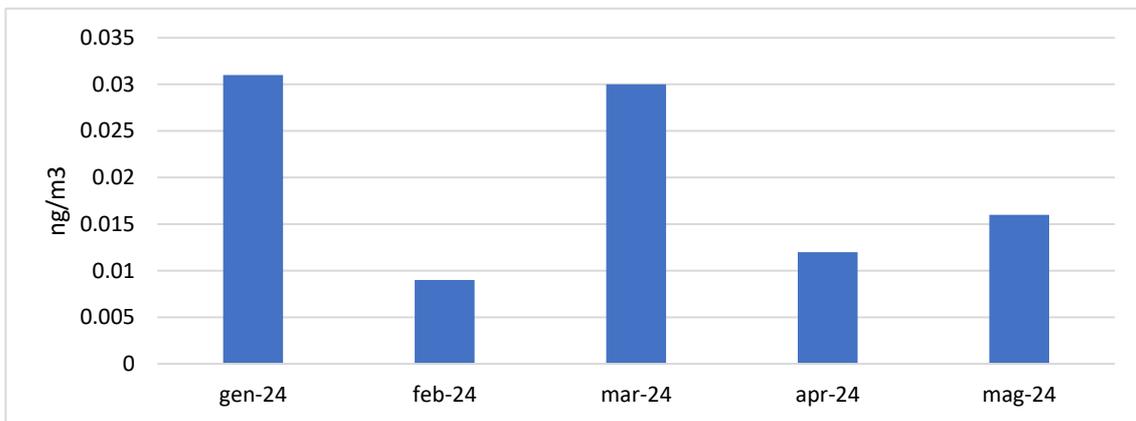


Figura 17: stazione Al-Volta: Concentrazioni mensili cC6O4 su PM10 periodo gennaio-maggio 2024

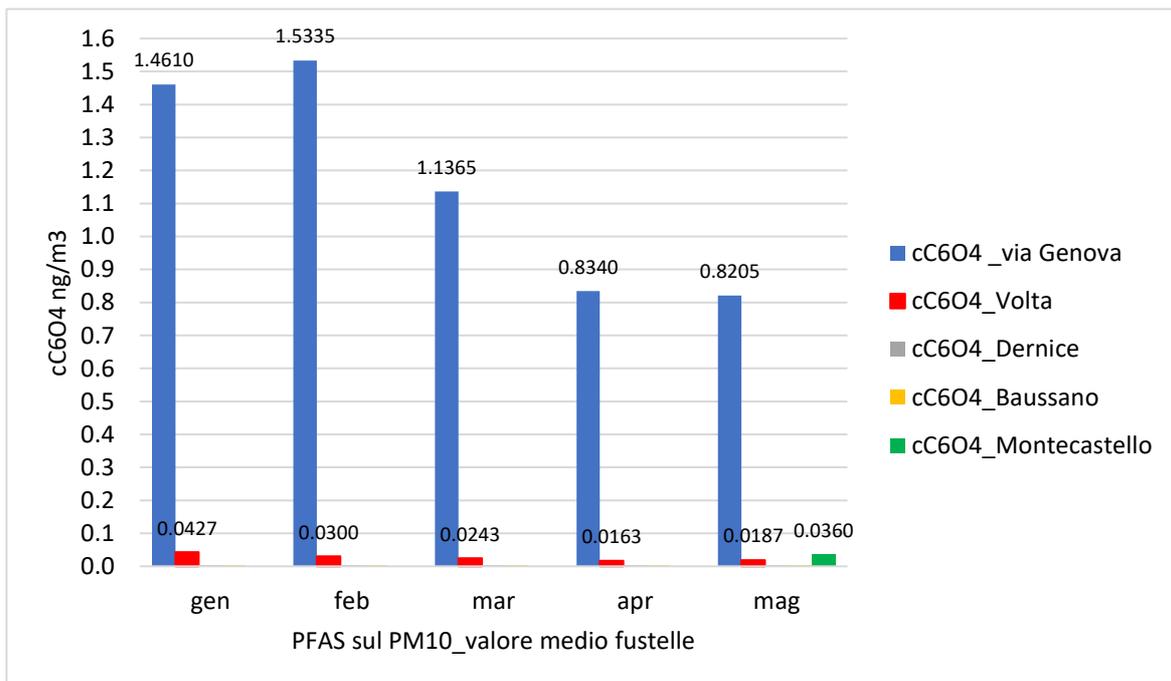


Figura 18: Concentrazioni medie cC6O4 su PM10 delle fustelle mensili periodo gennaio-maggio 2024 per tutti i siti di campionamento di Pm10 di via Genova, Montecastello e Volta Dernice e At Baussano

7. CONCLUSIONI

Le attività di monitoraggio dei PFAS in aria ambiente tramite campionamenti attivi e passivi effettuati da Arpa nel 2023 e continuate nel 2024 hanno permesso di consolidare la sperimentazione ed il confronto tra le differenti metodiche, consentendo di approfondire e perfezionare ulteriormente i metodi di analisi e definire limiti di quantificazione coerenti con gli scopi del monitoraggio.

Il campionamento passivo delle deposizioni si conferma un utile metodo per valutare l'entità del trasferimento e della ricaduta degli inquinanti presenti in atmosfera al suolo, alla vegetazione, all'acqua, agli edifici e a qualsiasi altro tipo di superficie.

Le misure di deposizione totale sono state effettuate a partire dal mese di marzo 2022 presso 2 siti di misura ubicati a Spinetta Marengo ai quali sono stati aggiunti, a partire dal mese di ottobre 2022, un punto presso il Comune di Montecastello, situato lungo la direzione dei venti prevalenti a circa 8 km dal polo chimico, e uno, a partire dal mese di ottobre 2023, presso la stazione della Rete Regionale della qualità dell'aria di Alessandria Volta.

Nel complesso i campioni analizzati nei due siti di Spinetta Marengo, hanno evidenziato la presenza di cC_6O_4 e MFS-N2 (ex ADV-N2), con valori mediamente sempre maggiori presso la postazione di via Genova rispetto a quelli di strada Bolla.

Presso la postazione di Montecastello la deposizione di MFS-N2 è risultata sempre inferiore al limite di quantificazione (LOQ) mentre per il cC_6O_4 sono state riscontrate tre positività nei mesi di febbraio, marzo 2023 e dicembre 2023, seppur con valori prossimi al limite di quantificazione.

Presso la postazione di Alessandria Volta, relativamente ai dati acquisiti sino ad ora, non sono state rilevate positività.

In tutti e 4 i siti di misura, a partire dal mese di dicembre 2023 non sono più state evidenziate positività per il parametro MFS-N2. Parimenti dal mese di gennaio 2024, data in cui il set analitico è stato implementato, non sono state registrate positività per gli altri componenti la miscela ADV⁸. Con il prosieguo del monitoraggio sarà possibile valutare se e in che misura tale fenomeno può essere correlabile alle azioni intraprese dalla ditta in relazione alla prescrizione 5 della Determinazione Dirigenziale della Provincia di Alessandria n. DDAP2-155-2021 ("La ditta si deve impegnare entro il 2025 alla totale dismissione dell'ADV7800"), attuate con la cessazione della produzione di ADV nel mese di aprile 2022 e la dismissione di utilizzo nei processi industriali nel mese di settembre 2022.

I valori medi di deposizione dei due parametri rilevati presso tre dei quattro punti di misura nel periodo complessivo di osservazione (marzo 2022-maggio 2024)⁹, vengono riassunti nella tabella seguente (non sono stati considerati i dati di Al-Volta a causa del numero non statisticamente rappresentativo di dati ad oggi a disposizione).

PARAMETRI STATISTICI	cC604 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$			MFS-N2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$		
	Strada Bolla	Via Genova	Montecastello	Strada Bolla	Via Genova	Montecastello
N° DATI	25	24	18	25	24	18
MEDIA	0.41	1.27	0.06	0.07	0.23	<0.06

Tabella 15 - Deposizioni totali di PFAS-Valori medi periodo di monitoraggio ($\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$)

⁸ A partire dal mese di gennaio 2024 è stato possibile determinare e quantificare le sei sostanze principali che compongono la miscela ADV con alcune variazioni di mese in mese

⁹ Nelle elaborazioni i valori <LOQ sono stati sostituiti con LOQ/2

I campionamenti di tipo attivo sono stati effettuati utilizzando fiale adsorbenti (specifiche per il cC6O4) e campionatori di polveri PM10.

Le misure con **fiale adsorbenti** sono state effettuate, nelle giornate del 25/03/2024 e dal 02/04/2024 al 05/04/2024, per 5 cinque giorni (di cui 4 consecutivi) presso il punto di via Genova contestualmente alla campagna di rilevazione condotte dalla ditta SSPI (ora SYENSQO) secondo quanto stabilito nella Determinazione Dirigenziale DDAP2-155-2021 del 26/02/2021 e in particolare nella prescrizione 29. L'Agenzia rimane in attesa dei risultati SPPI per proseguire il confronto e valutare i risultati, riservandosi di esprimere una valutazione più approfondita sulla metodica finora adottata dalla parte per eseguire i monitoraggi previsti dalla prescrizione 29 dell'AIA.

Si ribadisce tuttavia quanto già evidenziato nei precedenti paragrafi circa i problemi evidenziati sui limiti di quantificazione e sull'efficacia generale dell'attuale campionamento trimestrale con fiale, ai fini di garantire un monitoraggio in continuo dell'area esterna allo stabilimento

La determinazione dei PFAS **del PM10** è stata effettuata in due modalità differenti:

1. Giornalmente, presso il punto di misura di via Genova, contestualmente alla campagna di misura trimestrale SSPI di marzo 2024
2. Mensilmente a partire dal mese di gennaio 2024 su un set di 5 stazioni, analizzando campioni compositi mensili e conseguentemente alla messa a punto del metodo da parte dell'agenzia.

Il campionamento PM10 è stato effettuato tramite campionatori fissi presenti presso le stazioni della rete di monitoraggio regionale di qualità dell'aria o campionatori trasportabili, ubicati a differenti distanze dal polo chimico:

1. frazione Spinetta M.go (Alessandria) , Stazione industriale di Via Genova in area di massima ricaduta del polo chimico distante circa 150 mt.
2. Alessandria Volta, Stazione di fondo urbano distante circa 5.5 km dal polo chimico a NNW rispetto allo stabilimento
3. Montecastello, distante circa 7.5 Km dal polo chimico in direzione NNE
4. Dernice Costa, Stazione di fondo rurale utilizzata come sito di riferimento, ubicata in una località remota a circa 800 mt slm, priva di industrie e scarsamente popolata (198 abitanti), distante circa 37 km dal polo chimico.
5. Asti Baussano, Stazione di traffico urbano, rappresentativa di un diverso contesto urbano e molto distante da Polo chimico (oltre 37 Km)

Per quanto riguarda le concentrazioni di PFAS determinate sui **campioni giornalieri di PM10** prelevati presso il punto di via Genova nel periodo 25 marzo-05 aprile, si evidenzia la presenza costante di cC6O4 e di 5 delle 6 sostanze che compongono la miscela ADV su tutti i campioni, mentre gli altri PFAS determinati sono risultati inferiori ai loro limiti di quantificazione.

I risultati ottenuti nei primi 5 mesi di misura relativamente ai **campioni mensili e presso i 5 punti di indagine** confermano il punto di via Genova come sito più esposto alle ricadute del polo chimico, con concentrazioni di cC6O4 comprese tra 0.821 e 1,534 ng/m³ (media dei campioni in doppio) e presenza costante dei vari isomeri dell'ADV (gli isomeri presenti in concentrazioni maggiori risultano essere il MFS-N3, MFS-N2 e MFS-M4).

Presso la stazione di Al-Volta viene confermata la presenza di cC6O4 per tutti i mesi indagati con un range di concentrazioni rilevate tra 0.009 e 0.031ng/m³.

I primi campioni effettuati nel mese di maggio presso il sito di Montecastello evidenziano la presenza di cC6O4 nel PM10, con valori pari a 0.036 ng/m³, come media di due determinazioni in doppio.

Il monitoraggio effettuato presso le due stazioni di riferimento e confronto in aree "non esposte" distanti dal Polo chimico di Dernice ed Asti Baussano non ha evidenziato alcuna positività per tutti i parametri PFAS ricercati.

I risultati ottenuti permettono di consolidare il quadro di conoscenze fin qui acquisito, evidenziano il fenomeno della dispersione di CC6O4 e MFS-ADV (molecole traccianti delle attività connesse al Polo chimico di Spinetta Marengo) dallo stabilimento SYENSQO-SOLVAY alle aree esterne lungo le direzioni prevalenti dei venti.

Allo stesso tempo lo studio ha permesso altresì di confermare l'assenza di positività per tali molecole in aree non esposte come nel caso del sito di Dernice o di quello Asti.

Circa le concentrazioni delle molecole determinate nelle deposizioni ed in aria ambiente il monitoraggio ha permesso di raccogliere una serie di dati sempre più robusta, che nel corso dei prossimi mesi potrà essere ulteriormente integrata, consentendo di valutare anche eventuali fenomeni di stagionalità.

Sono attualmente già in corso le analisi sui campionamenti attivi e di deposizioni effettuati nel mese di giugno 2024 con fiale adsorbenti, contestualmente a SSPI, e sui campioni medi composti di PM10. Non appena disponibili i referti, l'Agenzia provvederà a trasmettere nota formale e successivamente a predisporre contributo di aggiornamento della presente relazione.

Come risaputo, i composti PFAS ricercati non sono soggetti a limiti di legge sia per le deposizioni sia in aria ambiente e pertanto non si dispone di riferimenti definiti per effettuare confronti e valutazioni ambientali e sanitarie. Di seguito sono riassunte a titolo esemplificativo e di confronto generale ma non esaustivo, il range di concentrazioni rilevate e pubblicate da autorevoli enti scientifici e altre Agenzie regionali nel corso degli ultimi anni.

Si evidenzia come nel panorama degli studi scientifici prodotti a livello nazionale ed internazionale siano del tutto assenti pubblicazioni inerenti il monitoraggio delle molecole cC6O4 e MFS-ADV, in quanto fortemente sito specifiche e caratteristiche della realtà del polo chimico di Spinetta Marengo.

Alla luce delle conferme di evidenza di positività di tali molecole in aria ambiente in prossimità del polo ed in aree anche distanti da esso, risulta evidente la necessità di disporre di valori limite di riferimento, da adottare nel monitoraggio ambientale e per la valutazione delle ricadute in ambito sanitario.

8. BIBLIOGRAFIA

TABELLA RIASSUNTIVA CAMPIONAMENTI ATTIVI

Attualmente non esistono metodi standard validati (metodi di riferimento standard US EPA o metodi TO) per analizzare l'aria esterna o interna per i PFAS)

Riferimento	Anno	Sito	Metodo campionamento	PFBA ng/m3	PFNA ng/m3	PFBS ng/m3	PFOA ng/m3	PFOS ng/m3	cC6O4 ng/m3	ADV-N2 ng/m3	PFHpS ng/m3	PFDoA ng/m3	PFHpA ng/m3	ΣPFAS ng/m3
1-Arpa Veneto	2017	Trissino (ricettore più prossimo azienda produzione fluoropolimeri)	Campionatore ad alto volume su PUF con filtro di vetro	6.37		0.10	0.54	0.05						7.31
1-Arpa Veneto	2017	Area urbana Vicenza	Campionatore ad alto volume su PUF con filtro di vetro	0.04		<0.01	0.03	0.01						0.12
2-Arpa Umbria ¹⁰	2022	Stazione fissa RRQA urbana	Campionatore PM10 alto volume											0.002-0.018
2-Arpa Umbria ¹¹	2022	Stazione fissa RRQA rurale	Campionatore PM10 alto volume											0.002-0.004
3-Zhou et al. 2021	2019	5 locations across North Carolina	Campionatore PM2.5				<0.000005-0.01406	<0.000004-0.00475			<0.000008-0.0002	<0.000005-0.00012	<0.000005-0.00014	
4-Arpa Umbria et all.	2016	Stazione fissa RRQA urbana Terni	Campionatore PM10 alto volume				0.0002-0.0261	0.0002-0.0226					0.0001-0.0038	
5-Minnesota ¹² pollution control Agency	July 2020 – June 2021	Sito urbano esposto (St. Louis Park Stazione di monitoraggio ubicata vicino ad un impianto di cromatura a rilascio pfas accertato all'emissione di PFOS, PFNA 6:2 FTS)	high-volume active samplers (Tisch TE-1000)	Rilevato in fase gas COSTITUISCE in media 50% dei pfas totali	Rilevato in fase particellare									0.036(valore minimo), 0.130 (VALORE MEDIO) - 0.310 (VALORE MASSIMO) (RICHIO INALATORIO consigliato Minnesota Department of Health MDH Σ (PFBS,PFBA,PFHxS,PFHxA,PFOA,PFOS) =11
5-Minnesota pollution control Agency	July 2020 – June 2021	Sito urbano potenzialmente esposto (Duluth area portuale industriale)	high-volume active samplers (Tisch TE-1000)	Rilevato in fase gas COSTITUISCE in media 70% dei pfas totali										0.088 (VALORE MEDIO)-0.120 (VALORE MASSIMO)
5-Minnesota pollution control Agency	July 2020 – June 2021	Sito urbano potenzialmente esposto (Eagan)	high-volume active samplers (Tisch TE-1000)	Rilevato in fase gas COSTITUISCE in media 70% dei pfas totali										0.096 (VALORE MEDIO)-0.160 (VALORE MASSIMO)
5-Minnesota pollution control Agency	July 2020 – June 2021	Sito urbano di riferimento (684 abitanti) non esposto (Grand Portage)	high-volume active samplers (Tisch TE-1000)	Rilevato in fase gas COSTITUISCE in media 60% dei pfas totali										0.100 (VALORE MEDIO)-0.150 (VALORE MASSIMO)

¹⁰ PFAS determinati: PFBA, PFPeA, PFBS, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFOS, PFDA, PFDoA

¹¹ PFAS determinati: PFBA, PFPeA, PFBS, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFOS, PFDA, PFDoA

¹² PFAS determinati: 30 tra cui PFOA (vedi tabella 2 pubblicazione)

Riferimento	Anno	Sito	Metodo campionamento	PFBA ng/m3	PFNA ng/m3	PFBS ng/m3	PFOA ng/m3	PFOS ng/m3	cC6O4 ng/m3	ADV-N2 ng/m3	PFHpS ng/m3	PFDoA ng/m3	PFHpA ng/m3	ΣPFAS ng/m3
6-Università della California Boulanger et al.	2004	Lake Erie + Lake Ontario	high-volume active samplers					Max Lake Erie=0.0081 Max Lake Ontario=0.0025 Mean Σ Lake Erie+Lake Ontario=0.0064						
6 -Università della California Kim and Kannan	2007	Albany, New York	high-volume active samplers				Gas phase mean 0.00316 Particulate phase mean 0.00203	Gas phase mean 0.0017 Particulate phase mean 0.00064						

TABELLA RIASSUNTIVA CAMPIONAMENTI PASSIVI

Riferimento	Anno	Sito	Metodo campionamento	PFBA µg/m2 gg	PFPeA µg/m2 gg	PFBS µg/m2 gg	PFHxA µg/m2 gg	PFHPA µg/m2 gg	PFHXS µg/m2 gg	PFOA µg/m2 gg	PFOS µg/m2 gg	PFDA µg/m2 gg	PFNA µg/m2 gg	PFDS µg/m2 gg	PFDoA µg/m2 gg	cC6O4 µg/m2 gg	HFPO µg/m2 gg	ADV-N2 µg/m2 gg	PFUdA µg/m2 gg	ΣPFAS µg/m2 gg
8-Arpa Piemonte	2021	Area urbana Grugliasco	Deposizione totale	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	<0.036	
2-Arpa Umbria13	2022	Stazione fissa RRQA urbana	Deposizione totale																	0.003- 0.005
2-Arpa Umbria14	2022	Stazione fissa RRQA rurale	Deposizione totale																	0.003- 0.005

¹³ PFAS determinati: PFBA, PFPeA, PFBS, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFOS, PFDA, PFDoA
¹⁴ PFAS determinati: PFBA, PFPeA, PFBS, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFOS, PFDA, PFDoA

RIFERIMENTI

1. Arpa Veneto. "PFAS: Studio Matrice Aria."
Web. https://www.arpa.veneto.it/arpav/pagine-generiche/allegati-pagine-generiche/pfas_studio-matrice-aria.pdf/@_@display-file/file.
2. Arpa Umbria - M.Galletti ; F.Castellani; A.Pileri; E.Marchetti “ Contaminazione da PFAS: Studio preliminare sulla loro presenza nella matrice aria in Umbria”
Web. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.arpa.umbria.it/MC-API/Risorse/StreamRisorsa.aspx%3Fguid%3De9b41213-2874-4a3b-b4b7-6b4e8d7d0378&ved=2ahUKEwiTzfCS1PuFAxV6g_0HHSTABw4QFnoECBwQAQ&usq=A0vVaw0IPGI_Dq5N-zfIQSy8pUNQ.
3. Zhou J , Baumann K , Mead RN , et al. PFOS dominates PFAS composition in ambient fine particulate matter (PM_{2.5}) collected across North Carolina nearly 20 years after the end of its US production. *Environ Sci Process Impacts*. 2021;23(4):580-587.
doi:10.1039/d0em00497a.

Web: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33725038/>
4. Lin, Huiju & Taniyasu, Sachi & Yamazaki, Eriko & Si, Wei & Wang, Xinhong & Gai, Nan & Kim, Jin-Hyo & Eun, Heesoo & Lam, Paul & Yamashita, Nobuyoshi. (2020). “Per- and Polyfluoroalkyl Substances in the Air Particles of Asia: Levels, Seasonality, and Size-Dependent Distribution. *Environmental Science & Technology*. 54. 14182-14191.
10.1021/acs.est.0c03387. acs.est.0c03387}

Web: https://www.researchgate.net/publication/346775956_Per-and_Polyfluoroalkyl_Substances_in_the_Air_Particles_of_Asia_Levels_Seasonality_and_Size-Dependent_Distribution
5. Moretti, S., et al. "Determination of Perfluorinated and Polyfluorinated Alkyl Substances (PFASs) in PM10 Samples: Analytical Method, Seasonal Trends, and Implications for Urban Air Quality in the City of Terni (Central Italy)." *Separations*, vol. 11, no. 2, 2024, p. 42.

Web. <https://www.mdpi.com/2297-8739/11/2/42>.
6. Minnesota Pollution Control Agency. “PFAS ambient background concentrations“
Web. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/tdr-g1-25.pdf>.
7. University of California, Berkeley. "Assessment of Methods to Collect and Analyze Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs) in Air, Dust and Soil." University of California, Berkeley, 2021.
Web. <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-05/040621%20--%20PFAS%20Final%20Report%20UCB%203%2018%2021%20%28002%29.pdf>.

8. Minnesota Department of Health. "PFAS Air and Deposition Monitoring Report", Minnesota Department of Health, 2021.
Web. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/tdr-g1-23.pdf>.
9. Arpa Piemonte e UNITO. "Contaminanti emergenti: monitoraggio sperimentale di PFAS nelle matrici aria e acqua." Prevenzione in Corso, vol. 9, no. 22, 2022.
Web. <https://ojs.unito.it/index.php/pinc/article/view/6560>.