

Progetto Spinadesco 2020 PM10 Cremona Frazione Cavatigozzi e Spinadesco RELAZIONE FINALE



Autori:
Vorne Gianelle e Paola Carli

Anno: 2020

ARPA Lombardia

INDICE

Introduzione	2
Le caratteristiche del PM10	2
Normativa.....	3
Siti e periodi di campionamento	4
Strumentazione utilizzata.....	8
Sostanze indagate e metodiche di analisi.....	8
L'inventario delle emissioni	9
La situazione meteorologica nel periodo di misura	12
Risultati ed elaborazioni	15
PM10.....	15
Elementi	16
Contatore ottico di particelle OPC	26
Il metodo e le elaborazioni.....	26
Discussione dei risultati dell'OPC	27
Conclusioni	32
Allegato 1.....	33
Allegato 2.....	34
Allegato 3.....	38
Allegato 4.....	40

Introduzione

Da luglio 2019, in misura maggiore che in passato, sono arrivate ad ARPA Lombardia numerose segnalazioni di inquinamento atmosferico, sottoforma di polveri metalliche, provenienti dai comitati dei quartieri delle zone residenziali che si trovano in prossimità della zona industriale di Cremona Frazione Cavatigozzi e Spinadesco. Il Settore Monitoraggi Ambientali di ARPA Lombardia ha pertanto effettuato misure di composizione di PM10, nelle zone interessate, dal 5 febbraio al 25 marzo 2020, con lo scopo di valutare se, rispetto alle indagini svolte in passato, vi siano nuovi elementi che indichino un peggioramento della qualità dell'aria, con particolare riferimento alla presenza di metalli in atmosfera, correlabile eventualmente alle attività della zona.

In questa relazione si presentano e si discutono i risultati ottenuti.

Le caratteristiche del PM10

Gli inquinanti che si trovano dispersi in atmosfera possono essere divisi, schematicamente, in due gruppi: inquinanti primari e secondari. I primi sono emessi nell'atmosfera direttamente da sorgenti di emissione antropiche o naturali, mentre gli altri si formano in atmosfera in seguito a reazioni chimiche che coinvolgono altre specie, primarie o secondarie.

Le concentrazioni di un inquinante primario dipendono significativamente dalla distanza tra il punto di misura e le sorgenti, mentre le concentrazioni di un inquinante secondario, essendo prodotto dai suoi precursori già dispersi nell'aria ambiente, risultano in genere diffuse in modo più omogeneo sul territorio.

Un aerosol è definito come la miscela di particelle solide o liquide e il gas nel quale esse sono sospese; il termine particolato (particulate matter, PM) individua l'insieme dei corpuscoli presenti nell'aerosol. Con particolato atmosferico si fa quindi riferimento al complesso e dinamico insieme di particelle solide o liquide, con l'esclusione dell'acqua, disperse in atmosfera per tempi sufficientemente lunghi da subire fenomeni di diffusione e trasporto.

All'interno del particolato atmosferico le particelle possono avere dimensioni che variano anche di 5 ordini di grandezza (da 10 nm a 100 µm), oltre che diverse forme e per lo più irregolari. Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana, è quindi necessario individuare uno o più sottoinsiemi di particelle che, in base alla loro dimensione, abbiano diverse capacità di penetrazione nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) piuttosto che nelle parti più profonde dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari). Per poter procedere alla classificazione in relazione alla dimensione delle particelle, viene definito il così detto diametro aerodinamico equivalente, ovvero il diametro di una particella sferica di densità unitaria che ha le stesse caratteristiche aerodinamiche (velocità di sedimentazione) della particella in esame.

Considerata la normativa europea (UNI EN12341/2014), si definisce PM10 la frazione di particelle raccolte con strumentazione avente efficienza di selezione e raccolta stabilita dalla norma e pari al 50% per il diametro aerodinamico di 10 µm. Spesso, sebbene in modo improprio, il PM10 viene considerato come la frazione di particelle con diametro uguale o inferiore a 10 µm. Considerate le loro dimensioni, le particelle appartenenti al PM10 non sono visibili ad occhio nudo. Eventuali particelle emesse da una sorgente ed aventi dimensioni aerodinamiche superiori a 10-20 µm non vengono considerate ai fini dell'inquinamento atmosferico poiché

in relazione alla loro dimensione non possono essere diffuse su lunghe distanze e precipitano rapidamente in prossimità della sorgente di emissione. Inoltre, sempre in relazione alla loro dimensione, anche se inalate, non possono entrare nella frazione toracica del sistema di respirazione umano. Per questo motivo, già da 13 anni la normativa sulla qualità dell'aria non considera il particolato sospeso totale poiché comprendente anche particelle di così grandi dimensioni da essere di scarso interesse sanitario.

In termini di massa, i maggiori componenti del particolato atmosferico tipico della pianura Padana sono il solfato ed il nitrato di ammonio, l'insieme dei composti organici e le polveri minerali. La prima classe di composti è essenzialmente di natura secondaria, ovvero si tratta di sali inorganici che si formano in aria attraverso una serie complessa di reazione chimiche che vede coinvolti gli ossidi di azoto e di zolfo, emessi per lo più nelle combustioni, e l'ammoniaca, emessa principalmente dalle attività zootecniche e in alcune attività agricole. I composti organici in fase particolata sono emessi da processi di combustione in genere. Le polveri minerali sono prodotte da attività meccaniche, e sono risospese in aria attraverso moti turbolenti sia naturali (vento) che antropici (risospensione da parte degli autoveicoli, emissioni industriali da camini dotati di filtri poco efficienti, attività produttive meccaniche, etc.). Il PM10, dunque, è un inquinante molto diverso da tutti gli altri, presentandosi non come una specifica entità chimica ma come una miscela di particelle dalle più svariate proprietà. Anche il destino delle particelle in atmosfera è molto vario, in relazione alla loro dimensione e composizione; i fenomeni di deposizione secca e umida sono quelli principali per la rimozione delle polveri aerodisperse.

Nella presente campagna gli elementi determinati sono indicativi di diversi sorgenti o processi; in particolare alluminio, silicio e calcio sono gli elementi principali traccianti la risospensione della polvere dal suolo; lo zolfo è tracciante del particolato secondario ovvero del solfato di ammonio; potassio e rubidio nei periodi freddi dell'anno sono indicatori, seppur non specifici, delle combustioni di biomasse (stufe a pellet, caminetti, etc.), mentre nei periodi caldi derivano dalla risospensione di polvere dal suolo; titanio, manganese, ferro, rame e zinco sono indicatori sia di attività produttive che trattano tali metalli, che dell'usura degli autoveicoli; nichel, bromo e piombo sono associati per lo più ad alcune attività industriali; il ferro ed il titanio, essendo elementi comuni della crosta terrestre, non di rado sono associati alla risospensione di polvere dal suolo.

Per gli elementi monitorati in questa campagna, la normativa prevede limiti di legge solo per la concentrazione media annuale del piombo e del nichel. Con una campagna della durata di poche settimane per il solo periodo invernale, non è possibile valutare formalmente il rispetto del limite annuale sulle concentrazioni di questi elementi, tuttavia tenendo conto del periodo di monitoraggio e dei confronti con altri siti di misura, alcune stime sul rispetto dei limiti sono possibili.

Normativa

Il Decreto Legislativo n. 155 del 13/08/2010 che recepisce la Direttiva Europea 2008/50/CE istituisce un quadro normativo unitario in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria. Al fine di salvaguardare la salute umana e l'ambiente, stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi.

Per valore limite si intende il livello di un inquinante fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso e che non deve essere superato.

Il valore obiettivo è il livello fissato per evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.

Per livello critico si intende il livello, ovvero la concentrazione, di un inquinante oltre il quale possono sussistere effetti negativi diretti sui recettori quali gli alberi, le altre piante o gli ecosistemi ambientali esclusi gli esseri umani.

La soglia di allarme e la soglia di informazione sono le concentrazioni dell'inquinante oltre le quali sussiste un rischio per la salute umana, in caso di esposizione di breve durata, rispettivamente per la popolazione nel suo complesso e per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione.

La Tabella 1 riassume i limiti previsti dalla normativa per il PM10 e alcuni suoi composti, rilevati in questo approfondimento.

Tabella 1: Valori limite e obiettivo, soglie di informazione e allarme degli inquinanti esaminati, secondo il D. Lgs. 155/10

Particolato Fine PM10	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 giorni per anno civile)	50	24 ore
	Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile
Metalli pesanti nel PM10	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
Arsenico	Valore limite protezione salute umana	0.006	Anno civile
Cadmio	Valore limite protezione salute umana	0.005	Anno civile
Nichel	Valore limite protezione salute umana	0.02	Anno civile
Piombo	Valore limite protezione salute umana	0.5	Anno civile

Siti e periodi di campionamento

I punti di campionamento, uno nella zona residenziale di Spinadesco (via Adda) e l'altro nella zona residenziale di Cavatigozzi (via Abbazia), sono stati scelti durante un sopralluogo eseguito in data 9 gennaio 2020 dai tecnici dell'UO QA (Qualità dell'Aria) e dell'UO APC (Attività Produttive e Controlli) del dipartimento ARPA di Cremona. I punti scelti per il monitoraggio, condivisi con il RUO del CSMQA (Centro Specialistico di Monitoraggio della Qualità dell'Aria), sono ritenuti rilevanti ai fini degli obiettivi della campagna in quanto inseriti nelle due aree residenziali dalle quali provengono le maggiori segnalazioni relative a ricadute di polveri ferrose, non presentano ostacoli alla libera circolazione dell'aria, sono prossime alla vasta area industriale locale ed hanno le opportunità logistiche e in termini di sicurezza necessarie al campionamento. Inoltre, rispettano i criteri di rappresentatività per il posizionamento delle stazioni di rilevamento indicati nell'Allegato III del D. Lgs. 155/2010, consentendo di produrre dati e informazioni utili all'ATS per le loro eventuali conseguenti valutazioni sanitarie. Quanto rilevato nei due siti della campagna di misura è stato

inoltre confrontato con quanto misurato presso la locale stazione della rete di rilevamento della qualità dell'aria sita in Spinadesco via Battisti. I siti di campionamento sono illustrati nelle figure seguenti. La campagna è consistita in due periodi di misura in successione, uno per ogni punto scelto, della durata complessiva di 50 giorni.

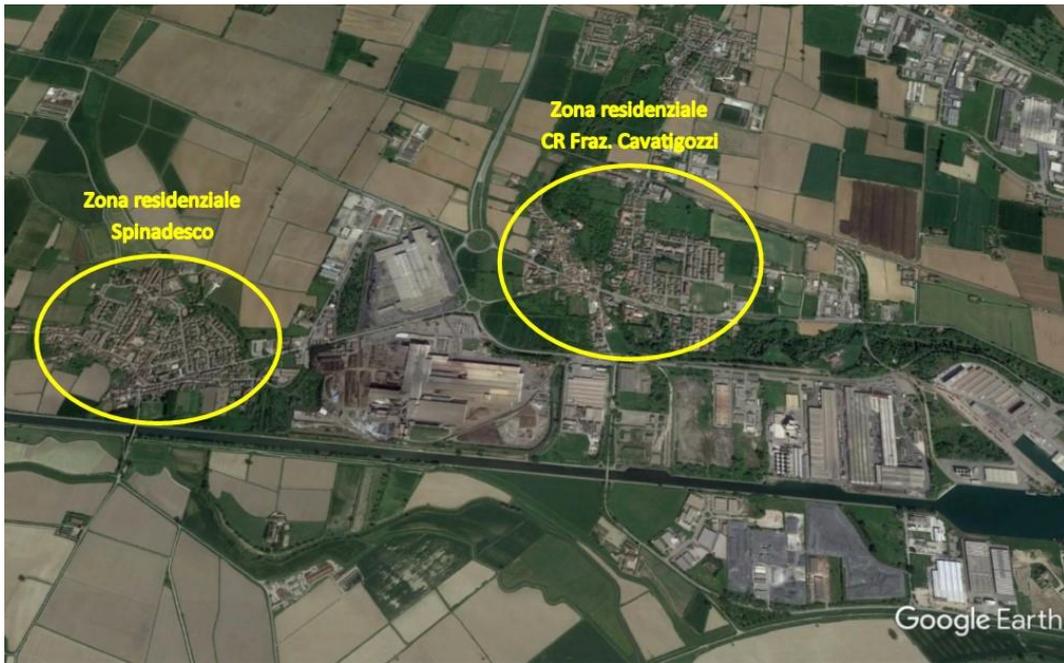


Figura 1: zone individuate per i campionamenti

Punti di campionamento:

1. Giardino anteriore dell'abitazione privata di via Adda, 31 (Figure 2 e 3)
2. Giardino scuola primaria di Cavatigozzi di via Abbazia (Figure 4 e 5)
3. Centralina fissa di rilevamento della qualità dell'aria di Spinadesco in via Battisti (Figura 6)



Figura 2 - Punto di campionamento a Spinadesco via Adda



Figura 3 - Dettaglio del punto di campionamento a Spinadesco: giardino dell'abitazione privata di via Adda, 31



Figura 4 - Punto di campionamento a Cavatigozzi

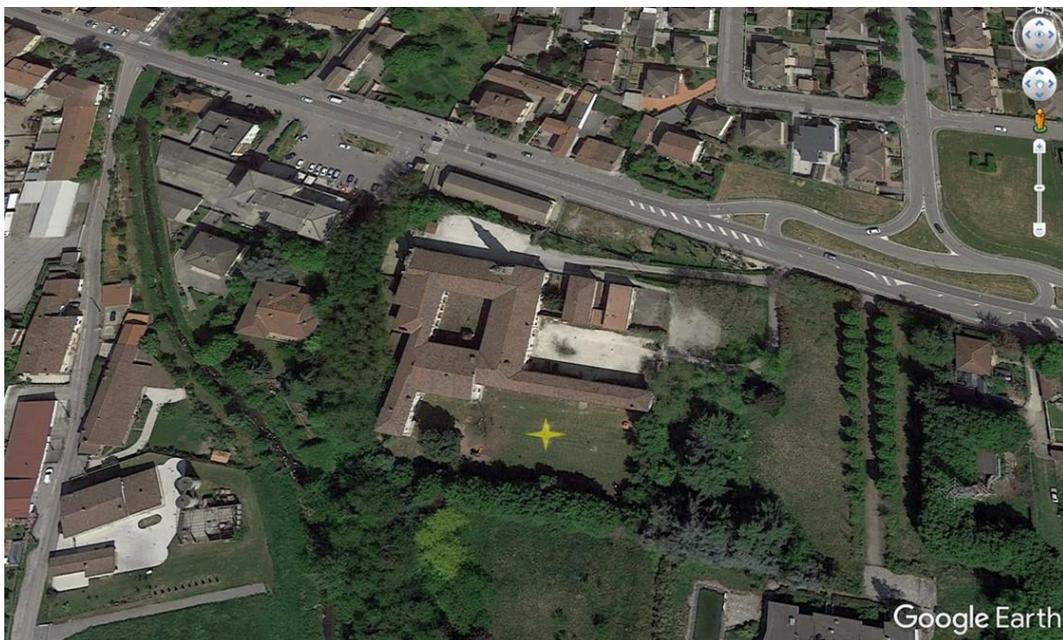


Figura 5 - Dettaglio del punto di campionamento a Cavatigozzi: giardino della scuola primaria di via Abbadia



Figura 6 - Localizzazione della centralina fissa di rilevamento della qualità dell'aria di Spinadesco

La campagna è consistita in due periodi di misura in successione, uno per ogni punto scelto, della durata complessiva di 50 giorni.

Strumentazione utilizzata

In ognuna delle tre postazioni di misura è stato installato un campionatore sequenziale di particolato atmosferico, dotato di apposita testa di prelievo per la frazione PM10. La concentrazione in massa del particolato atmosferico, raccolto su opportuni filtri, è stata successivamente determinata mediante metodo gravimetrico, descritto nella norma UNI EN 12341:2014 e indicato come riferimento dalla legislazione vigente (D. Lgs. 155/2010).

Inoltre, in tutti i siti scelti per il campionamento, è stato installato un sistema ottico per il conteggio delle particelle (Optical Particle Counter - OPC), in grado di determinare la concentrazione numerica delle particelle in funzione delle loro dimensioni (32 classi nell'intervallo da 0.25 a > 32 μ m), fornendo informazioni sulla distribuzione granulometrica delle polveri aerodisperse.

Sostanze indagate e metodiche di analisi

Sui campioni raccolti sono state effettuate analisi per la determinazione delle concentrazioni dei principali elementi aerodispersi.

In particolare, sui campioni raccolti (filtri PM10), sono state effettuate analisi mediante uno spettrometro a raggi X di fluorescenza a Raggi X a dispersione di energia (XRF) per valutare le concentrazioni dei seguenti elementi: alluminio (Al), silicio (Si), fosforo (P), zolfo (S), cloro (Cl), potassio (K), calcio (Ca), titanio (Ti), vanadio (V), cromo (Cr), manganese (Mn), ferro (Fe), nichel (Ni), rame (Cu), zinco (Zn), bromo (Br), rubidio (Rb), stagno (Sn), Bario (Ba), piombo (Pb) e stronzio (Sr).

Inoltre, con spettrometro di massa che utilizza un plasma accoppiato induttivamente per ionizzare il campione (ICP-MS), sono stati determinati anche l'arsenico (As) e il cadmio (Cd) per i quali, insieme a Pb e Ni, sono previsti limiti di legge.

Il dataset di speciazione chimica realizzato è stato elaborato incrociando le informazioni ottenute con i risultati dell'OPC, al fine di individuare in quale frazione granulometrica si collocano in particolare gli elementi. Inoltre, elaborando i dati prodotti dall'OPC, è stato possibile elaborare rose degli inquinanti con risoluzione temporale oraria al fine di individuare eventuali direzioni di provenienza degli elementi rilevati.

Le metodiche analitiche scelte sono quelle ufficiali, ovvero previste dalla legislazione, per la fase di campionamento e per le analisi, ad esempio, di As e Cd. Per le specie chimiche per le quali la legislazione non ha previsto metodi di riferimento, sono state adottate le norme tecniche di settore oramai consolidate.

Di seguito si riportano tutti i dati commentati e le relative elaborazioni.

L'inventario delle emissioni

Per la stima delle principali sorgenti emissive sul territorio preso in esame è stato utilizzato l'inventario regionale delle emissioni, INEMAR (INventario EMissioni ARia) nella sua versione più recente "*Emissioni in Lombardia nel 2017 - dati per revisione pubblica*". Occorre precisare che l'inventario attribuisce le emissioni al comune corrispondente all'ingresso principale di un impianto produttivo anche nel caso che l'impianto insista per lo più nel comune adiacente.

L'inventario INEMAR, seguendo le impostazioni derivanti dalle esperienze nazionali e internazionali, è realizzato in base alle informazioni bibliografiche e tramite la partecipazione ai gruppi di coordinamento nazionali e internazionali. Le stime delle emissioni in atmosfera sono tipicamente soggette a grandi incertezze, dovute a numerose cause distribuite lungo tutta la procedura di stima. In particolare, un inventario regionale, per sua natura, non può considerare tutte le specificità locali e può soffrire di una incompleta qualità delle informazioni statistiche disponibili, inoltre, il sistema della stima delle emissioni è in continuo miglioramento, potenziamento e correzione.

L'inventario INEMAR fornisce dunque una "fotografia" delle emissioni e va considerato come un "database anagrafico" delle sorgenti presenti sul territorio con relativa stima delle quantità emesse. Tuttavia, non può essere utilizzato come un puro e unico indicatore della qualità dell'aria di una specifica zona, in quanto non può tenere conto dell'interazione che le sostanze emesse possono avere con l'atmosfera, la meteorologia o l'orografia del territorio. In particolare, il vento, la pioggia, etc. trasportano, disperdono o depositano gli inquinanti emessi alla fonte in tutto il territorio circostante, così che la qualità dell'aria dipende non solo dalle sorgenti locali ma dall'insieme degli inquinanti emessi in tutto il bacino territoriale e dalle loro interazioni.

Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emmissive: la classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori definiti secondo la metodologia CORINAIR (CORE INventory of AIR emissions) dell'Agenzia Europea per l'Ambiente.

- Produzione energia e trasformazione combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- Trattamento e smaltimento rifiuti
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

Per ciascun macrosettore sono presi in considerazione gli elementi monitorati in questo studio oltre al PM10.

Maggiori informazioni, i dati relativi a tutti gli inquinanti e una descrizione più dettagliata in merito all'inventario regionale possono essere recuperati sullo specifico sito web al seguente indirizzo Internet: <http://inemar.arpalombardia.it/inemar/webdata/main.seam>.

Tenendo conto della natura degli inventari delle emissioni e degli algoritmi di calcolo sui quali essi si basano, considerato inoltre l'urbanizzazione e industrializzazione in particolare dell'area in esame e della nostra regione, in generale, per una valutazione dell'impatto delle emissioni sulla qualità dell'aria in un comune è necessario fare riferimento ad un'area allargata, definita bacino "aerografico". Per bacino aerografico si intende quella porzione di territorio le cui emissioni possono avere un impatto diretto sulla qualità dell'aria della porzione di territorio in esame. Nelle situazioni di "bava di vento", ovvero vento con velocità inferiori a 1 m/s, situazioni frequenti nel territorio in studio e più in generale in tutta la pianura Padana, la massa d'aria compie oltre 20 km in 6 ore; la dimensione del bacino aerografico nell'orografia della zona e per gli inquinanti ubiquitari assume quindi una dimensione dello stesso ordine di grandezza.

Il bacino aerografico di Spinadesco (Figura 7), include 64 comuni (Allegato 1), copre un'area di circa 12543 km² con una popolazione di 233 078 abitanti. In Allegato 2 sono riportate per il bacino aerografico di Spinadesco e per la Lombardia le stime delle principali sorgenti emmissive sul territorio in termini assoluti e percentuali. In Figura 8 è riportato per ogni inquinante il contributo percentuale alle emissioni dei vari macrosettori nel bacino aerografico di Spinadesco.

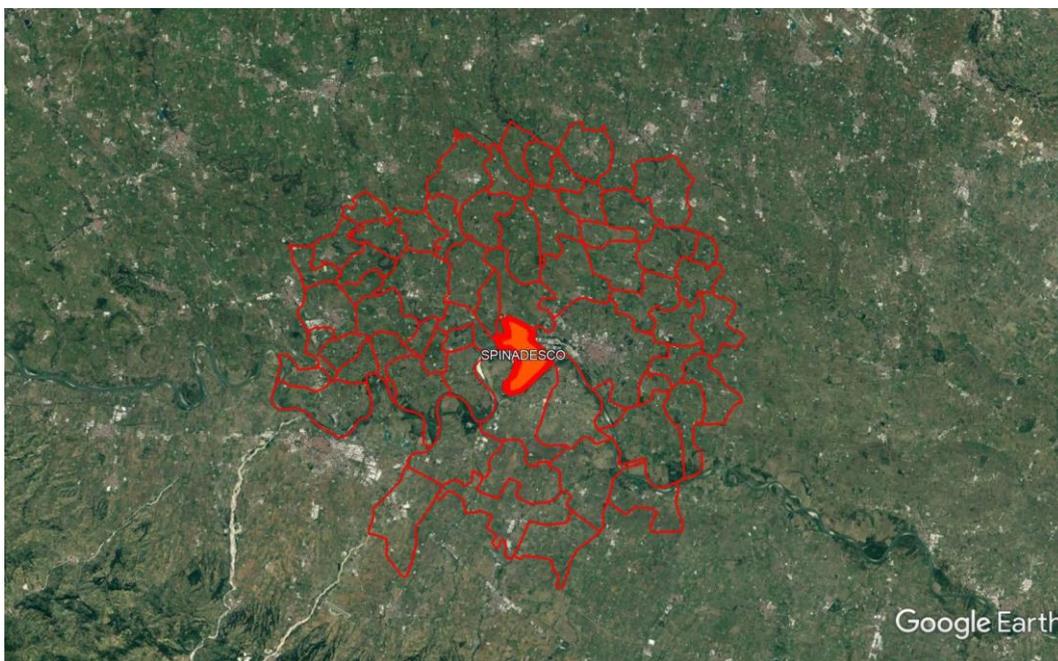


Figura 7 – Bacino aerografico di Spinedesco

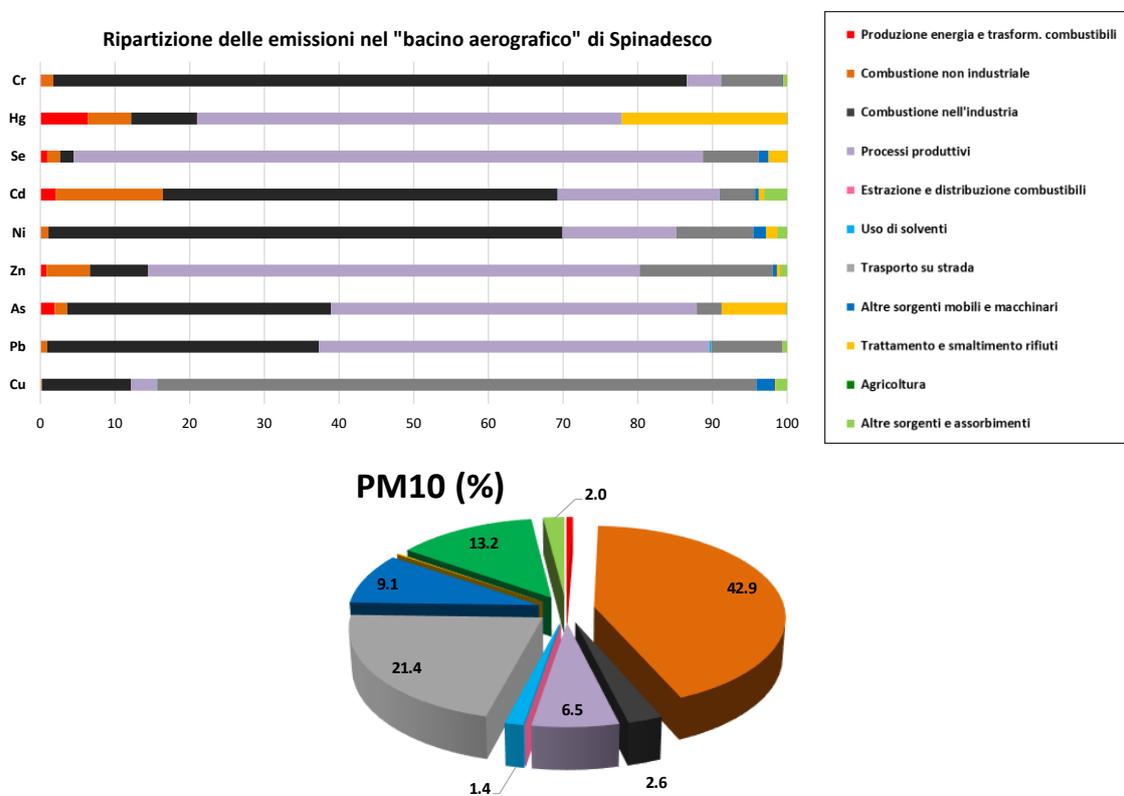


Figura 8 - Ripartizione delle emissioni degli elementi e del PM10 nel bacino aerografico di Spinedesco

Nel bacino aerografico di Spinadesco, le sorgenti principali dell'inquinamento atmosferico sono la combustione non industriale (riscaldamento domestico), il trasporto su strada e l'agricoltura. Per quanto riguarda gli elementi (metalli) le sorgenti principali sono la combustione nell'industria e i processi produttivi.

È fondamentale sottolineare che le stime attribuite dall'inventario INEMAR non sono sufficienti per fornire indicazioni complete sulla qualità dell'aria: le sostanze prodotte dalle varie sorgenti non rimangono trattenute all'interno dei confini comunali ma subiscono fenomeni di trasporto e dispersione a opera dei vari agenti atmosferici. Ovviamente vale il viceversa, inquinanti prodotti in altre zone possono manifestare la loro presenza a Spinadesco. L'inventario delle emissioni, inoltre, per sua natura non può tener conto degli inquinanti di natura secondaria.

La situazione meteorologica nel periodo di misura

I livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici in un sito dipendono, come è evidente, dalla quantità e dalle modalità di emissione degli inquinanti stessi nell'area, mentre le condizioni meteorologiche influiscono sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti, sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa. È pertanto importante che i livelli di concentrazione osservati siano valutati alla luce delle condizioni meteorologiche verificatesi nel periodo del monitoraggio.

Le condizioni meteorologiche del periodo della campagna sono state valutate attraverso i parametri rilevati presso la stazione meteorologica di Spinadesco:

- Temperatura dell'aria (°C)
- Velocità Vento (m/s)
- Direzione del vento (settore)
- Precipitazioni (mm)

Nelle figure seguenti (da Figura 9 a Figura 13) sono riportati gli andamenti dei parametri meteorologici che maggiormente hanno influito su dispersione o accumulo degli inquinanti in questa campagna.

La campagna complessivamente ha registrato tempo per lo più stabile e soleggiato con valori termici nel complesso sopra la media, in particolare quelli massimi.

Tra fine febbraio e inizio marzo si sono registrate condizioni meteorologiche perturbate con precipitazioni associate a rinforzo della ventilazione.

Verso la fine della campagna le temperature minime hanno subito un significativo calo con valori decisamente sotto la media del periodo causando gelate o brinate.

Complessivamente la direzione prevalente del vento è stata da ovest verso est ma le maggiori raffiche in termini di velocità massima del vento si sono verificate con provenienza da est nella seconda parte del periodo monitorato (Figure 12 e 13).

Nel complesso, le condizioni meteorologiche sono state abbastanza favorevoli all'accumulo degli inquinanti, a causa delle condizioni di stabilità atmosferica, soprattutto nella prima parte della campagna.

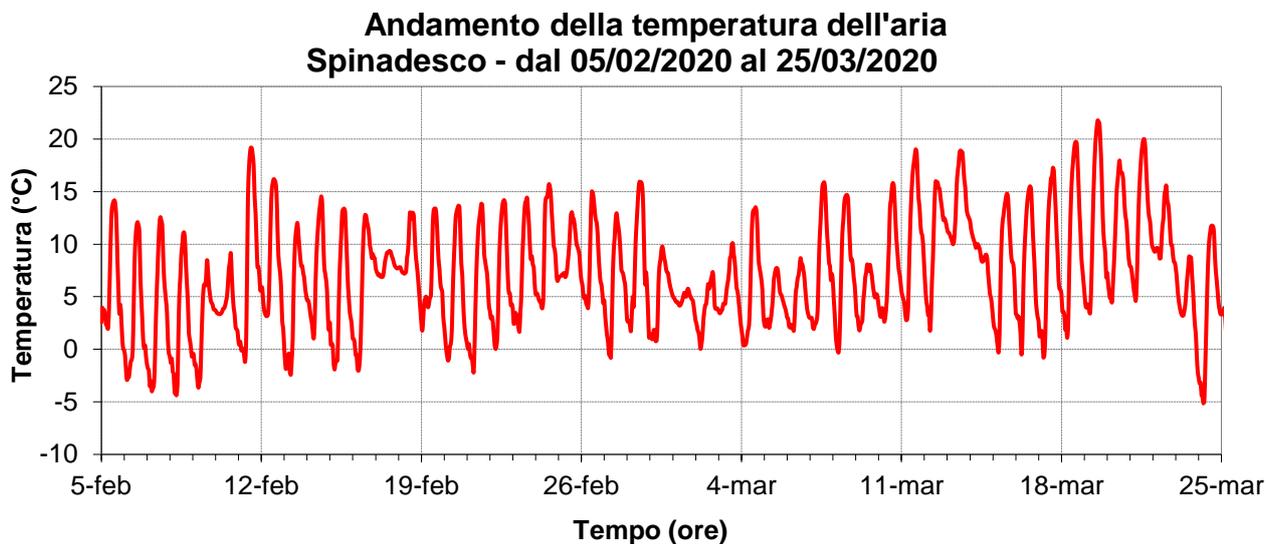


Figura 9 – Temperatura dell'aria: andamento orario medio

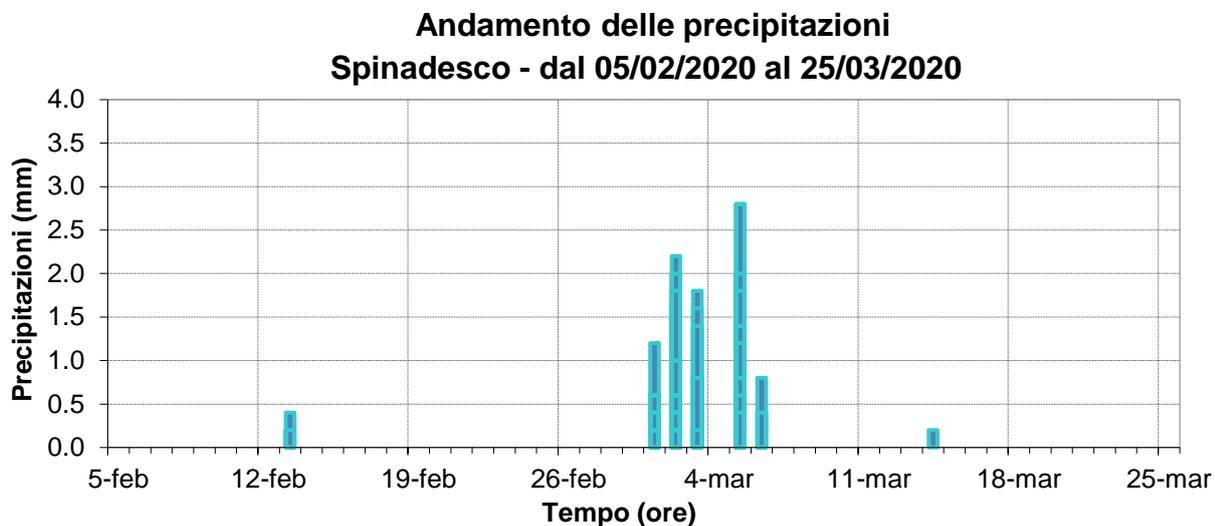


Figura 10 – Precipitazioni: cumulata giornaliera

Rosa del vento
Spinadesco; dal 5 febbraio al 25 marzo 2020

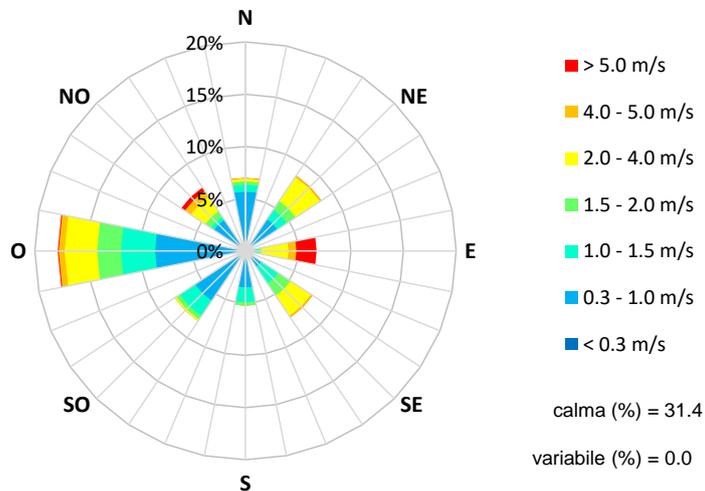


Figura 11 – Rosa del vento

Andamento della velocità del vento
Spinadesco - dal 05/02/2020 al 25/03/2020

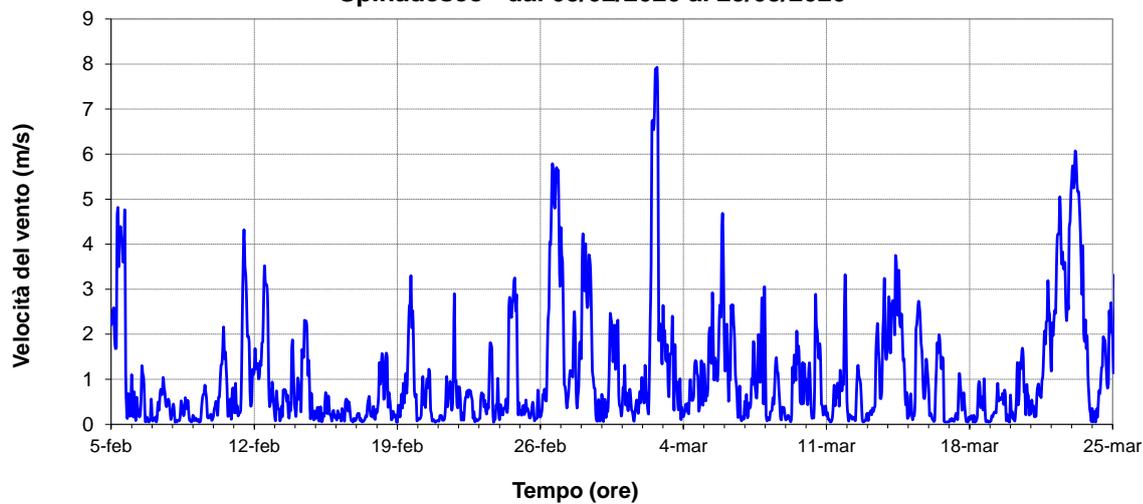


Figura 12 – Velocità del vento: andamento medio orario

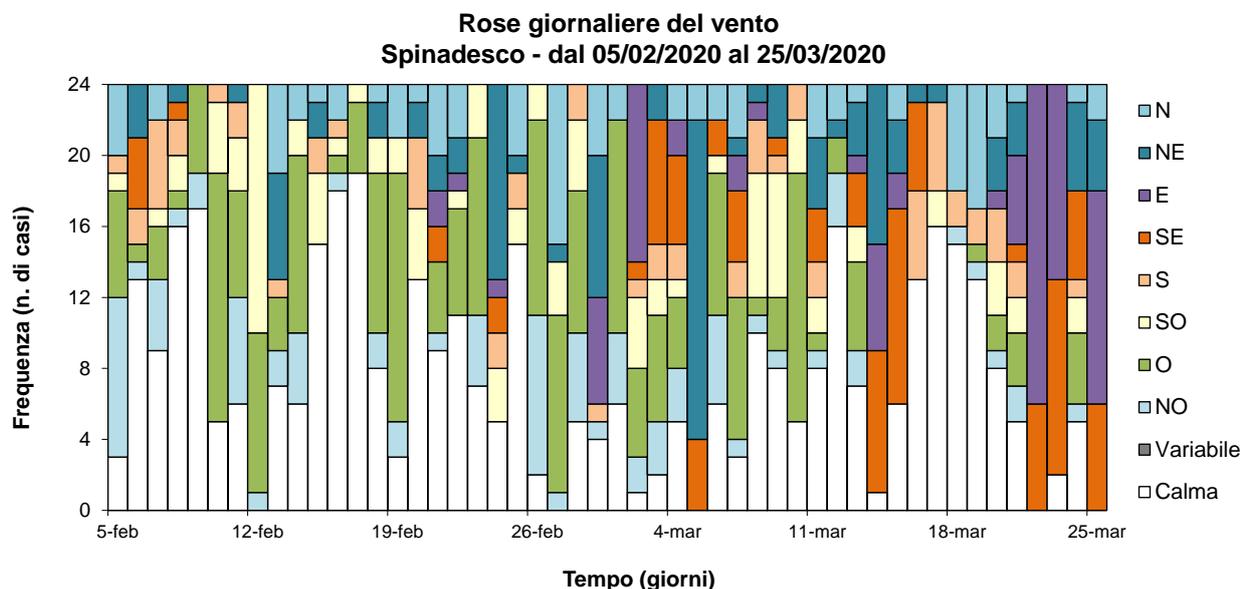


Figura 13 – Rose giornaliere del vento

Risultati ed elaborazioni

PM10

Gli andamenti delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 rilevate nelle tre postazioni scelte sono riportati in Figura 14 e 15.

Per confronto, in figura si riporta anche il 5° percentile ed il 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere rilevate da tutte le stazioni della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria di ARPA Lombardia (RRQA). L'i-esimo percentile rappresenta il valore sotto il quale si colloca la concentrazione rilevata dall'i% delle stazioni della RRQA.

L'andamento delle concentrazioni riflette l'andamento della meteorologia, con i minimi corrispondenti ai giorni di maggiore instabilità atmosferica e i massimi dopo qualche giorno di condizioni favorevoli all'accumulo degli inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera.

Il D. Lgs. 155/2010 prevede un limite sulla concentrazione media annuale del PM10 pari a 40 µg/m³ e un valore limite sulla concentrazione media giornaliera pari a 50 µg/m³, da non superare per più di 35 giorni in un anno.

Nei 50 giorni di campagna sono stati registrati, presso il sito della centralina fissa di Spinadesco, 17 giorni con concentrazioni superiori al limite giornaliero.

Si osserva che le concentrazioni di PM10 si collocano generalmente tra le più alte della rete.

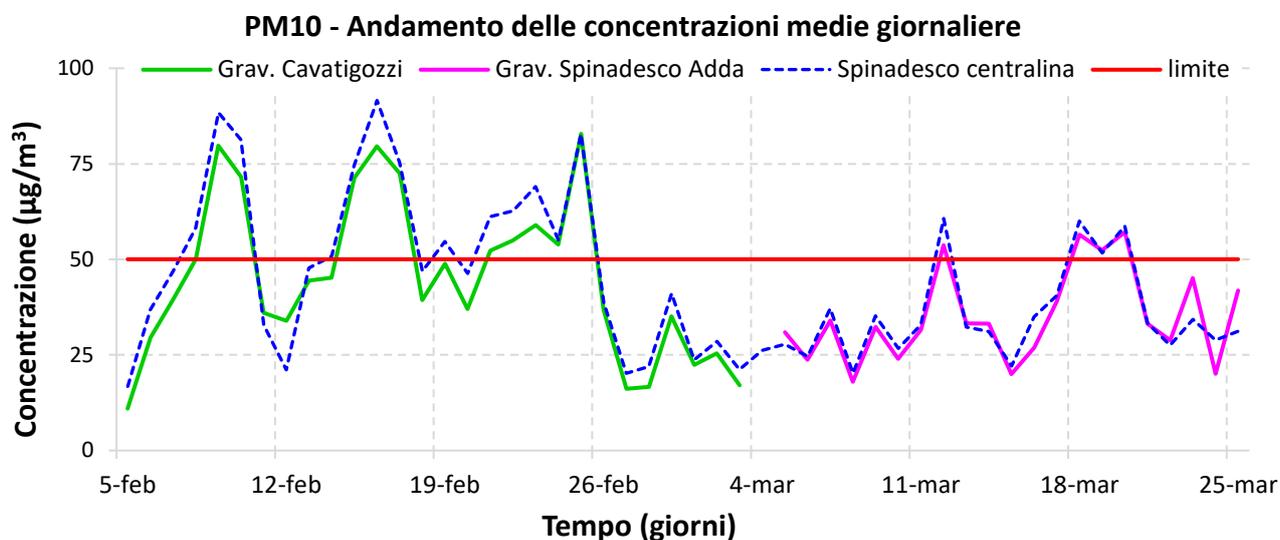


Figura 14 – Concentrazioni medie giornaliere di PM10 misurate nei tre siti a confronto

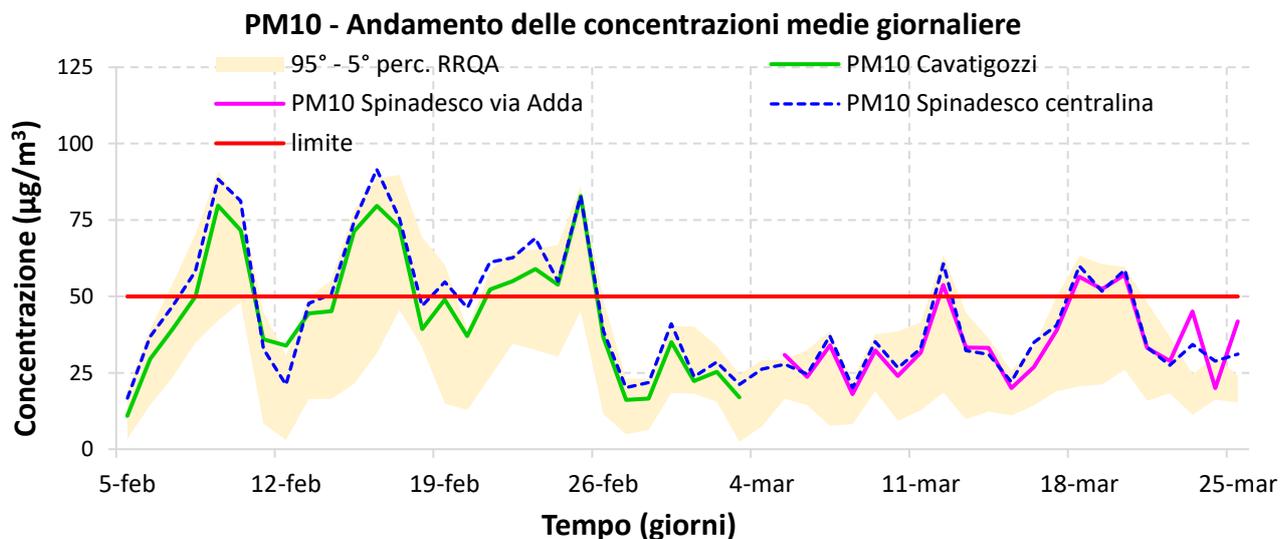


Figura 15 – Concentrazioni medie giornaliere di PM10 misurate nei tre siti a confronto con la RRQA

È interessante osservare che gli andamenti e i valori assoluti dei tre siti sono confrontabili; pertanto, i dati misurati presso la centralina fissa di Spinadesco sono ben rappresentativi dell'intero comune e di tutta la zona presa in esame in questo progetto.

Elementi

Sui filtri di PM10 campionati dal 5 febbraio al 25 marzo 2020 nei tre siti, sono state eseguite analisi mediante uno spettrometro a Fluorescenza a Raggi X (XRF) che permette di valutare quantitativamente la composizione del particolato depositato su filtro per quanto riguarda le concentrazioni dei seguenti elementi: alluminio (Al), silicio (Si), zolfo (S), fosforo (P), cloro (Cl), potassio (K), calcio (Ca), titanio (Ti), vanadio (V), cromo (Cr),

manganese (Mn), ferro (Fe), nichel (Ni), rame (Cu), zinco (Zn), bromo (Br), rubidio (Rb), stagno (Sn), Bario (Ba), piombo (Pb) e stronzio (Sr).

Inoltre, con spettrometro di massa (ICP-MS), sono stati determinati anche l'arsenico (As) e il cadmio (Cd) per i quali, insieme a Pb e Ni, sono previsti limiti di legge (Tabella 2).

Nei periodi di misura nei tre siti, la concentrazione media di questi ultimi elementi è quella riportata in Tabella 2.

Tabella 2 – Concentrazioni medie sui periodi di monitoraggio nei tre siti

Metalli pesanti	Conc. media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Centralina fissa Spinadesco	Conc. media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) via Adda Spinadesco	Conc. media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) via Abbazia Cavatigozzi	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
Piombo (Pb)	0.019	0.018	0.024	Valore limite	0.500	Anno civile
Arsenico (As)	< 0.0021	< 0.0021	< 0.002	Valore obiettivo	0.060	Anno civile
Cadmio (Cd)	0.0002	0.0002	0.0003	Valore obiettivo	0.050	Anno civile
Nichel (Ni)	0.010	0.018	0.016	Valore obiettivo	0.020	Anno civile

Poiché i valori da rispettare, secondo la normativa, sono basati su tempi di osservazione annuale, non è possibile effettuare confronti rigorosi di quanto misurato nei tre siti con i limiti e i valori obiettivo previsti. Tuttavia, considerato che le medie di tutti gli elementi in tutti i siti sono inferiori ai valori previsti e poiché il periodo di monitoraggio è un periodo freddo, caratterizzato da condizioni meteorologiche tipicamente più favorevoli all'accumulo degli inquinanti e quindi da valori di concentrazione di PM10 più elevati, si stima altamente improbabile il superamento dei valori annuali limite e obiettivo per questi elementi.

La determinazione degli elementi permette di individuare eventuali contributi al PM10 delle sorgenti locali rispetto alle altre sorgenti diffuse sul territorio. Infatti, la determinazione degli elementi ed in particolare la distinzione tra quelli di origine terrigena dagli altri, risulta fondamentale per valutare il contributo della risospensione.

Gli elementi più strettamente terrigeni, che hanno cioè origini naturali perché normali componenti della crosta terrestre e quindi presenti in aria per la risospensione di polvere dal suolo, sono: alluminio, silicio, calcio e titanio. Si distinguono poi elementi che hanno origine prettamente antropica, quali: vanadio, cromo, manganese, nichel, rame, zinco, bromo e piombo. Rame e zinco sono indicatori delle emissioni da traffico, derivando lo zinco dall'usura degli pneumatici e il rame dall'usura dell'impianto frenante degli autoveicoli. Manganese, vanadio e cromo sono tipicamente elementi di origine industriale. Altri elementi, quali potassio, ferro e rubidio hanno origini varie, sia naturali che antropiche da attività industriali. Lo zolfo è indicativo della formazione di particolato secondario inorganico e in particolare di solfato d'ammonio.

Nelle Figure seguenti, vengono mostrati gli andamenti giornalieri di alcuni degli elementi determinati nei tre siti.

Fe - confronto tra siti

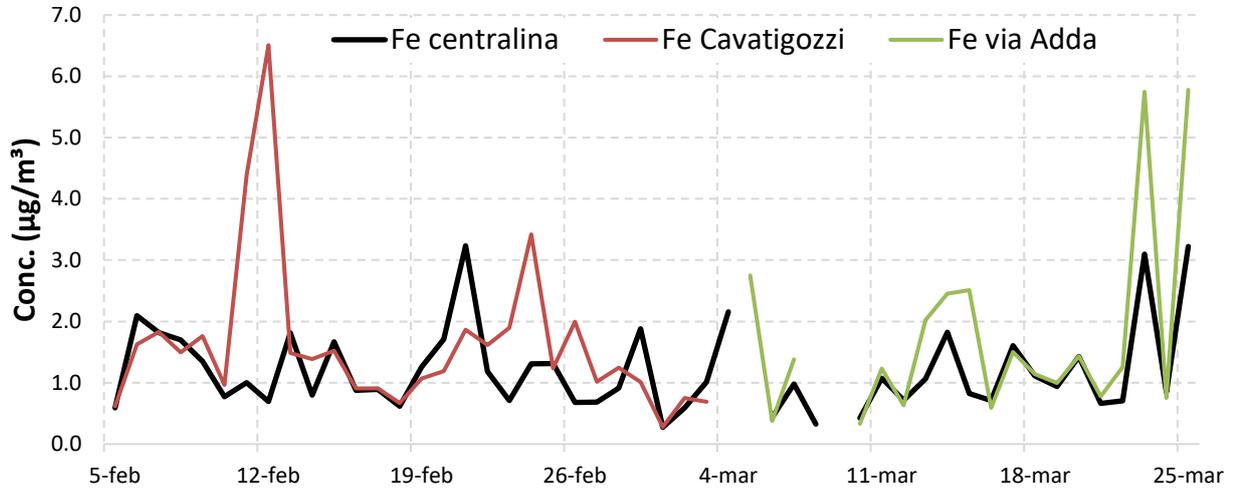


Figura 16 – Trend del ferro

Cu - confronto tra siti

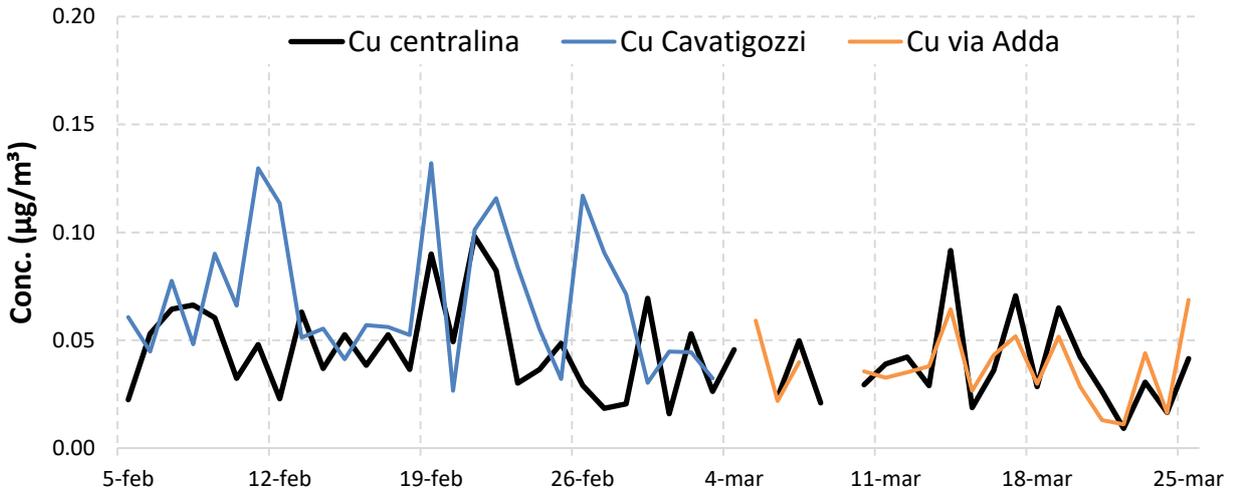


Figura 17 – Trend del rame

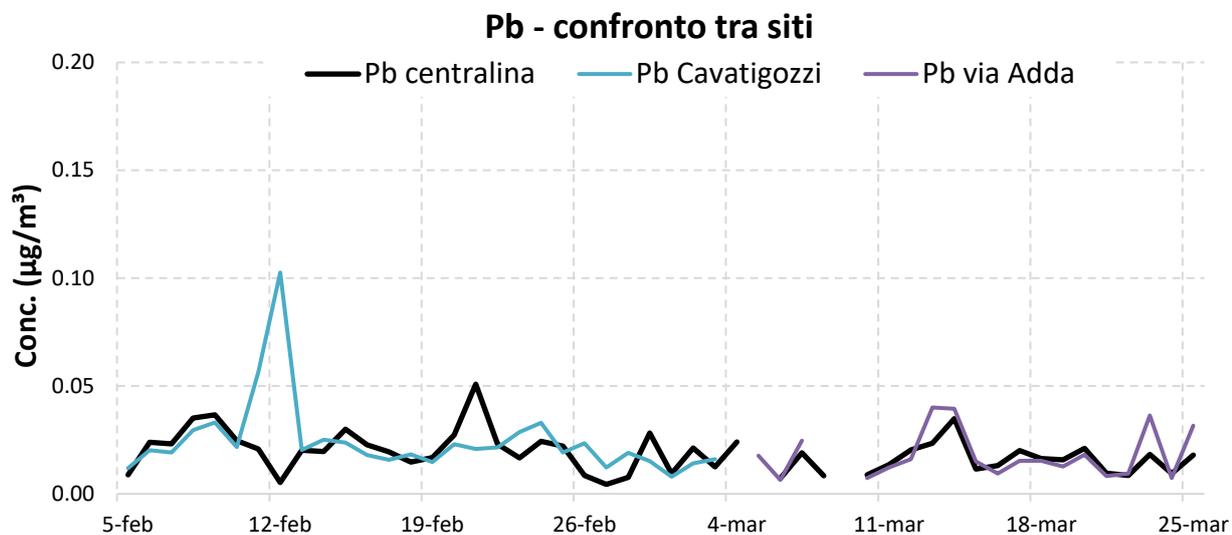


Figura 18 – Trend del piombo

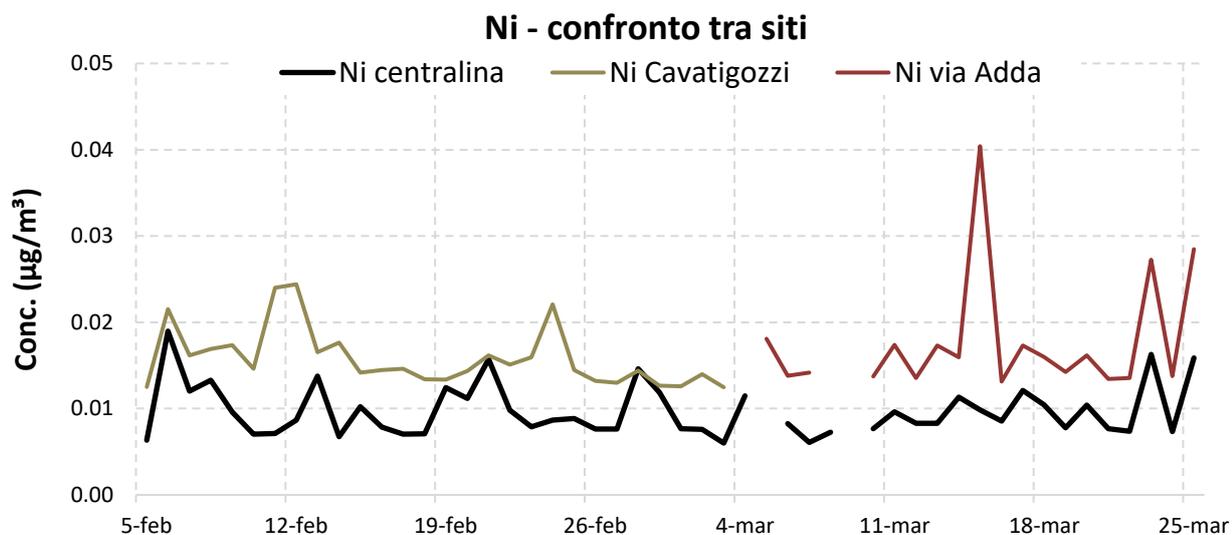


Figura 19 – Trend del nichel

In corrispondenza di alcuni giorni si osservano incrementi delle concentrazioni di ferro, rame, piombo e nichel (Figure da 16 a 19), elementi, questi, di origine antropica e legati ad attività industriali.

Un indicatore importante per valutare l'origine, antropica o naturale, degli elementi presenti nel PM10 è costituito dai fattori di arricchimento. I fattori di arricchimento (*FA*) dei vari elementi sono ottenuti come quoziente tra i rapporti della concentrazione in aria e nel suolo di ciascun elemento e di un elemento di riferimento.

$$FA_x = \frac{\frac{C_{aria}^{elemento\ x}}{C_{aria}^{elemento\ rif.}}}{\frac{C_{suolo}^{elemento\ x}}{C_{suolo}^{elemento\ rif.}}}$$

Quale elemento di riferimento si considera di consueto il silicio, essendo esso considerato di sola origine naturale. Per il suolo si sono utilizzate le concentrazioni misurate nel sito di Parabiago.

Essendo il silicio nel PM10 prevalentemente di origine crostale, i fattori di arricchimento danno un'indicazione di quanto le proporzioni tra i diversi elementi si avvicinino ai rapporti medi nella crosta terrestre: quanto più il fattore di arricchimento di un determinato elemento è prossimo a 1, tanto più si può ritenere l'elemento di origine naturale, poiché il rapporto tra la sua concentrazione e quella del Si è simile a quello riscontrato nella crosta terrestre. Viceversa, quanto più è alto questo rapporto, tanto maggiore sarà il contributo di origine antropica all'elemento considerato.

In tabella 3 si riportano i fattori di arricchimento medi calcolati nei tre siti.

Tabella 3 – Fattori di arricchimento medi sui periodi di monitoraggio nei tre siti

Elementi	FA		
	Spinadesco RRQA	Cavatigozzi	Spinadesco via Adda
Al	1	1	1
Si	1	1	1
S	114	109	97
Cl	415	421	354
K	10	8	8
Ca	3	4	4
Ti	2	2	2
Cr	19	26	27
Mn	5	8	9
Fe	7	11	12
Ni	29	54	68
Cu	28	47	29
Zn	118	281	200
Rb	6	5	5

L'analisi dei dati riportati in Tabella 3 mostra fortemente arricchiti gli elementi quali lo zolfo, il cloro e lo zinco; anche cromo, nichel e rame risultano arricchiti; si può affermare che gli elementi citati sono presenti in aria perché provenienti da sorgenti antropiche. Il potassio ed il rubidio, seppur elementi normalmente presenti nei suoli lombardi, mostrano un certo arricchimento essendo questi elementi emessi nel periodo freddo dell'anno dalle emissioni di biomasse legnose. Anche ferro e manganese mostrano un certo arricchimento, indicando che un contributo, seppur relativo, alle loro concentrazioni in aria deriva da sorgenti antropiche e non solo dalla risospensione di polvere di suolo comune per azione del vento.

Analisi a cluster

Per avere ulteriori informazioni sulle possibili sorgenti degli elementi, l'insieme delle concentrazioni assolute è stato sottoposto all'analisi a cluster; questa tecnica statistica consente di raggruppare oggetti, ciascuno rappresentato da un vettore, in sottogruppi in relazione alla similarità tra essi. Quale indice di similarità si è utilizzato il quadrato del coefficiente di Pearson, quale rappresentante del cluster si è utilizzato il centroide del sottogruppo. Le serie temporali sono state preventivamente autoscalate. Con tali scelte, gli elementi si raggruppano sulla base dei loro andamenti temporali. In Figura 20 si riportano i dendrogrammi risultanti, separati per coppie di siti (Spinadesco RRQA-Spinadesco via Adda e Spinadesco RRQA-Cavatigozzi) per la non contemporaneità delle misure in Spinadesco via Adda e Cavatigozzi.

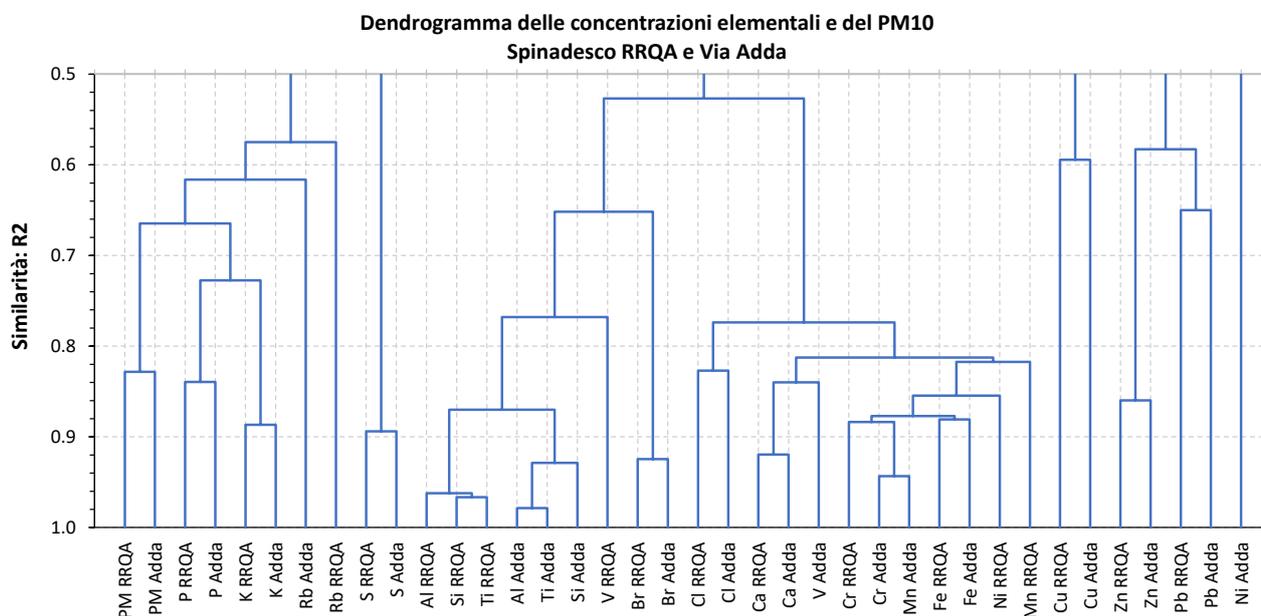


Figura 20.a Dendrogramma delle concentrazioni elementali e del PM10 rilevate presso la stazione della RRQA e a Spinadesco in via Adda.

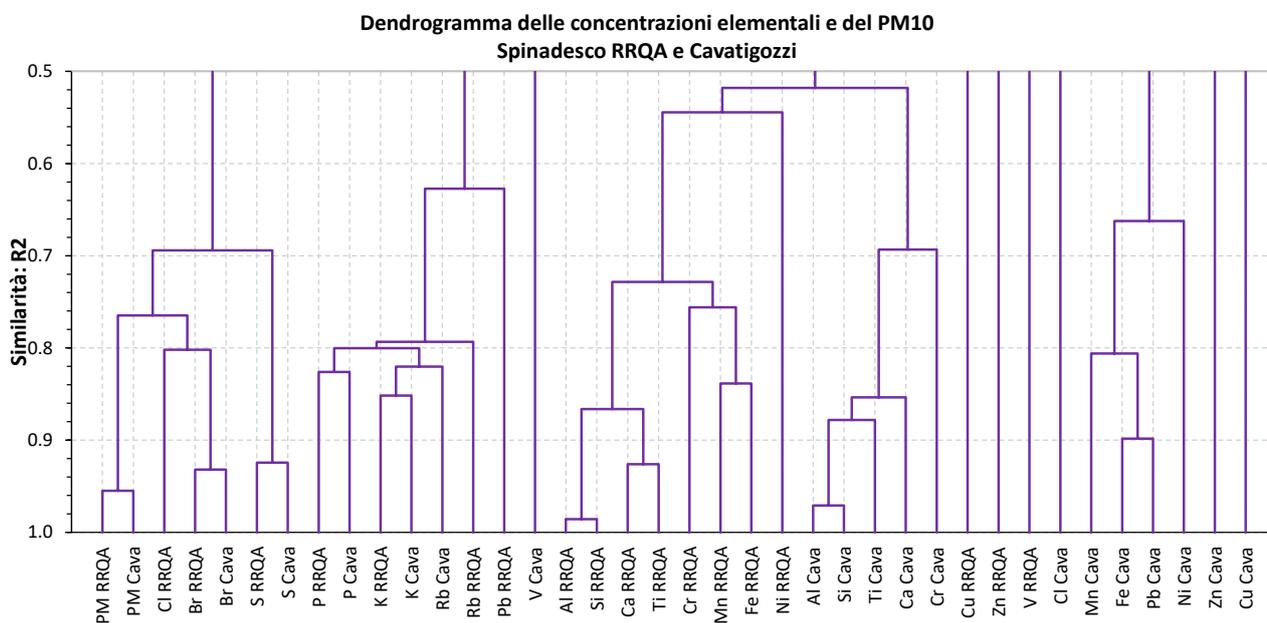


Figura 20.b - Dendrogramma delle concentrazioni elementali e del PM10 rilevate presso la stazione della RRQA e a Cavatigozzi.

Dall'analisi dei dendrogrammi si osserva che le concentrazioni del PM10 correlano tra di loro, confermando che i rilevamenti della concentrazione di PM10 effettuati dalla stazione della RRQA sono rappresentativi per tutta l'area in studio; lo zolfo (S), elemento rappresentativo della formazione di particolato secondario, si accoppia nei due siti in ciascun dendrogramma, indicando quindi un comportamento svincolato da sorgenti locali. Analogamente si può affermare per potassio (K), fosforo (P) e bromo (Br). In tutti i siti si forma il cluster degli elementi terrigeni (Al, Si, e Ti); il cluster degli elementi terrigeni si accoppiano poi tra loro. Le differenze maggiori nei dendrogrammi si osservano invece sul ferro (Fe) ed in manganese (Mn) appartenenti sempre allo stesso cluster, ma i due cluster con Fe e Mn di Spinadesco RRQA e Cavatigozzi non si accoppiano tra di loro a differenza di quanto accade per Spinadesco RRQA e Spinadesco via Adda; tale differenziazione si spiega ipotizzando una sorgente locale di questi elementi posta in direzioni differenti rispetto alla coppia di siti di Spinadesco e Cavatigozzi. Si sottolinea che la formazione della coppia Mn e Fe, non strettamente legata agli elementi terrigeni nell'analisi a cluster, è tipica per i siti con presenza di siti industriali per la lavorazione dell'acciaio.

L'ipotesi della presenza di una sorgente in direzioni differenti per i due siti di Spinadesco rispetto al sito di Cavatigozzi viene indotta, più in generale, osservando anche che elementi quali piombo (Pb), rame (Cu), zinco (Zn) e cloro (Cl), di origine prevalentemente industriale, si accoppiano tra loro nel dendrogramma dei due siti di Spinadesco, mentre ciò non accade nel dendrogramma di Spinadesco RRQA e Cavatigozzi.

Per indagare ulteriormente su tale aspetto sono state costruite ed analizzate le rose di inquinamento degli elementi.

Rose dell'inquinamento

Le rose di inquinamento degli elementi sono state costruite considerando per ogni ora di ciascun periodo di monitoraggio la direzione di provenienza del vento associata alla propria concentrazione medie giornaliera; si è quindi calcolata la concentrazione media delle grandezze considerate per ogni direzione di provenienza del vento. In relazione alle osservazioni del paragrafo precedente, sono state prese in considerazione le rose di inquinamento del PM10 e del rapporto ferro/PM10 (Figura 21).

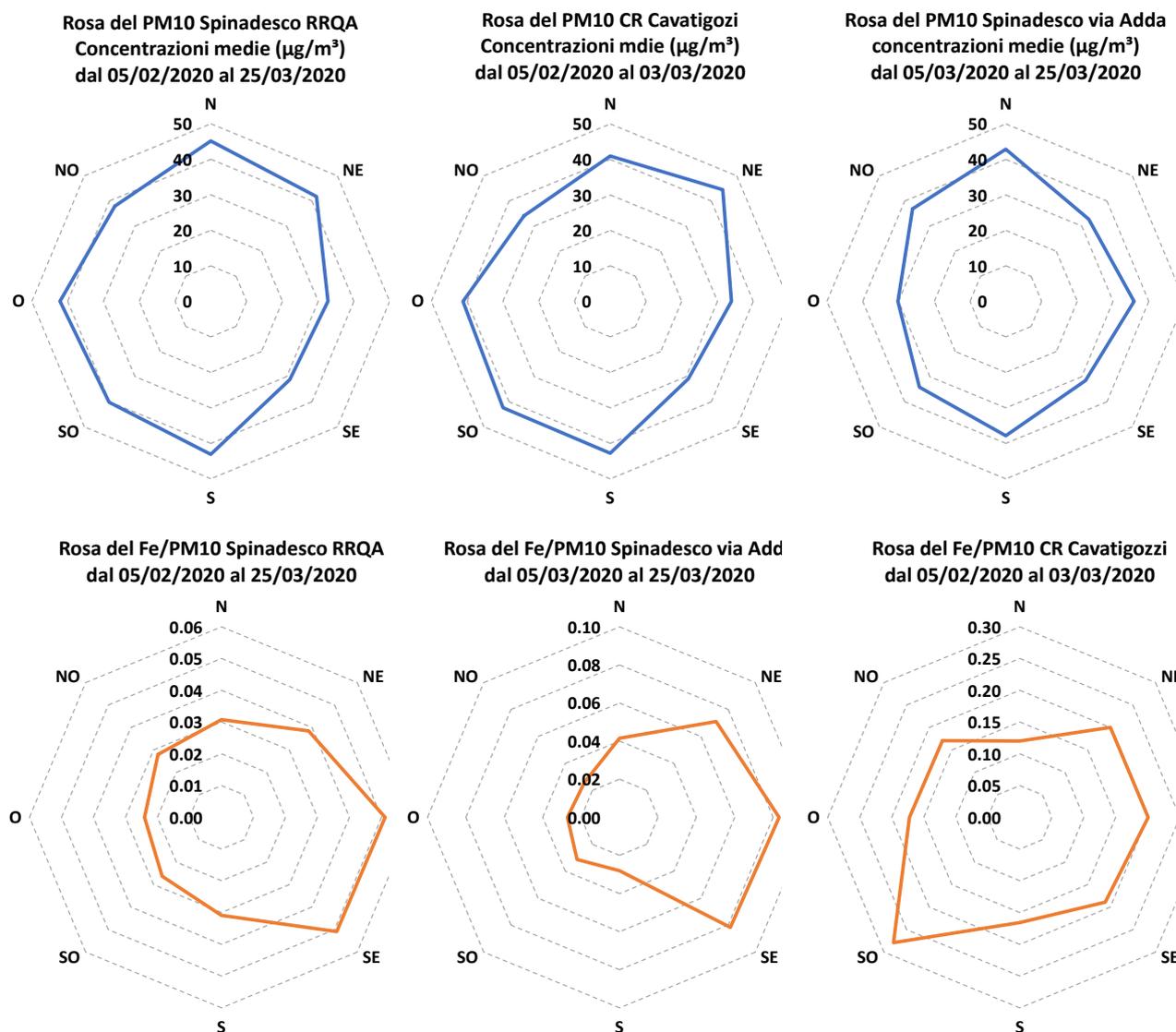


Figura 21 – Rose del PM10 e del rapporto ferro/PM10 nei siti di Spinadesco RRQA, Spinadesco via Adda e CR Cavatigozzi.

Dall'analisi delle rose rappresentate in Figura 21, si evidenzia che, mentre risulta una relativa isotropia per le concentrazioni di PM10, si ha una evidente direzionalità per i rapporti Fe/PM10.

Questo risulta dal fatto che il PM10, costituito da particelle di varia natura emesse da una infinità di sorgenti e/o prodotto anche da reazioni chimiche a partire da inquinanti gassosi come descritto nei paragrafi precedenti, si diffonde in modo piuttosto omogeneo al punto che le sue concentrazioni risultano scarsamente dipendenti dalla direzione del vento nel bacino padano; per quanto riguarda il ferro, invece, la maggior direzionalità indica la presenza di una sorgente importante specifica che impatta più sulla qualità che sulla quantità del PM10 rilevato.

Sovrapponendo le rose del rapporto ferro/PM10 all'immagine aerea del territorio in esame, si osserva come i valori del rapporto aumentino proprio quando il sito è sottovento rispetto alle attività industriali della zona (Figura 22).



Figura 22 – Rose del rapporto ferro/PM10 nei siti di Spinadesco via Adda e CR Cavatigozzi sovrapposte all'immagine aerea della zona in esame.

In particolare, è molto interessante osservare come in alcune giornate con velocità del vento elevata, si osservano picchi di ferro quando i siti si trovano sottovento l'area industriale dell'acciaieria (Figura 23).

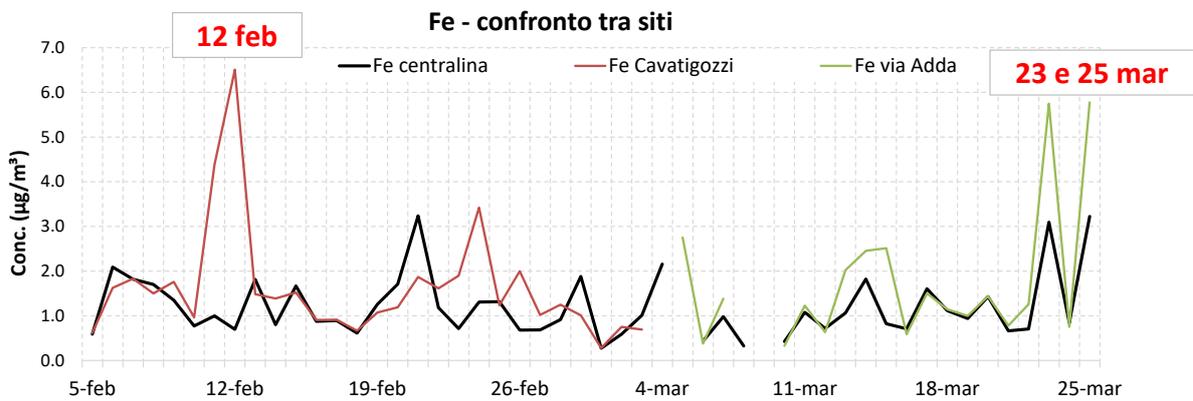
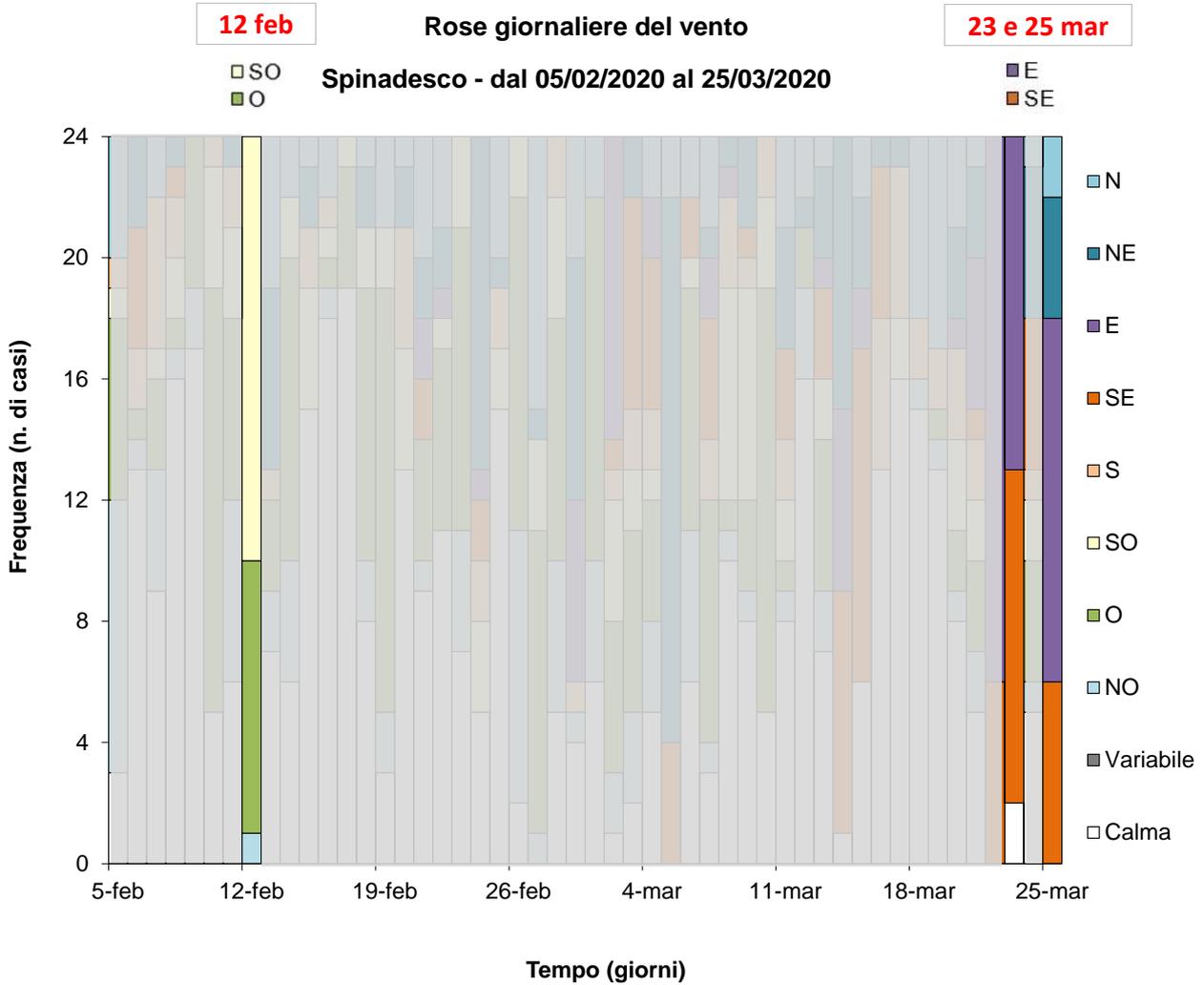


Figura 23 – Dettaglio di giornate ventose con picchi di ferro quando il sito è sottovento all'acciaieria

Contatore ottico di particelle OPC

Il metodo e le elaborazioni

In tutti e tre i siti è stato installato un contatore ottico (OPC) ad alta risoluzione temporale in grado di determinare la concentrazione numerica delle particelle in funzione delle loro dimensioni. Il principio di funzionamento è il seguente (Figura 24): il flusso d'aria campione è inviato in camera di misura dove le particelle presenti vengono investite una alla volta da un fascio laser; la luce diffusa dalla particella viene raccolta da uno specchio posto a 90° rispetto al fascio incidente e quindi riflessa a un diodo; il diodo trasmette un impulso elettrico, espresso in tensione, ad un analizzatore multicanale. Ogni impulso rilevato corrisponde al passaggio di una particella e l'altezza dell'impulso è correlata con la sua dimensione. La dimensione attribuita alle particelle da questa categoria di strumenti è il cosiddetto diametro di light-scattering, ovvero il diametro di una particella sferica con indice di rifrazione 1.6 che diffonde la stessa quantità di luce della particella rilevata.

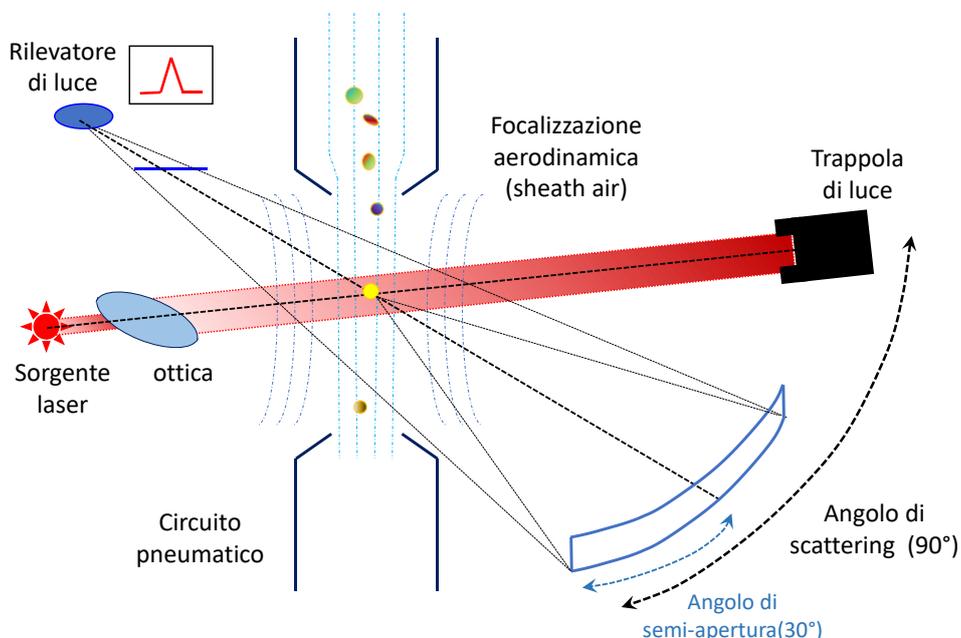


Figura 24 – Schema di funzionamento di un contatore ottico di particelle

Gli strumenti in dotazione misurano quindi il numero delle particelle per unità di volume e per ogni classe dimensionale nell'intervallo 0.25-32 μm con risoluzione temporale di un minuto.

Dopo la validazione dei dati rilevati ogni minuto sono state calcolate ed elaborate le concentrazioni numeriche medie orarie per le classi dimensionali individuate dai contatori ottici OPC.

Dal numero di particelle per ogni classe dimensionale è possibile ricavarne la funzione di distribuzione dimensionale numerica che descrive l'andamento del numero di particelle aerodisperse per unità di volume in funzione della loro dimensione. Le funzioni distribuzioni dimensionali numeriche del particolato aerodisperso in atmosfera sono rappresentate da funzioni di tipo log-normale; la funzione distribuzione dimensionale numerica, del dominio dimensionale degli OPC, è generalmente ben descritta dall'involuppo di due o più funzioni log-normali.

Anche le serie delle concentrazioni numeriche per classi dimensionali sono state sottoposte ad analisi a cluster insieme alle concentrazioni degli elementi così da verificare se le particelle degli elementi misurati sono associate a specifiche classi dimensionali. Anche in queste elaborazioni si sono utilizzati i parametri statistici precedenti: l'analisi è stata effettuata sulle autoscalate, quale rappresentante del cluster è stato utilizzato il centroide e come indice di similarità il coefficiente quadrato del coefficiente di Pearson.

Dal numero delle particelle per ogni classe dimensionale, facendo ipotesi sulla densità delle particelle, si può stimare la concentrazione di massa del PM10 e di conseguenza anche la distribuzione dimensionale di massa delle particelle aerodisperse. La funzione distribuzione dimensionale di massa descrive l'andamento della concentrazione di massa con la dimensione delle particelle.

La ricostruzione della concentrazione di massa C_m a partire dalle concentrazioni numeriche $C_{n,i}$ qui è stata effettuata combinando linearmente le concentrazioni numeriche con il volume proprio delle particelle, supposte sferiche con diametro di light-scattering d_{ls} , e da parametri aventi le dimensioni di densità:

$$C_m = \sum_i \frac{\pi}{6} \cdot d_{ls,i}^3 \cdot \rho_i \cdot \varepsilon_i \cdot C_{n,i}$$

I parametri ρ_i , chiamati coefficienti di pseudo-densità, sono stati modellizzati come una funzione logaritmica. I parametri specifici dalla funzione logaritmica sono stati determinati dal confronto tra le misure delle concentrazioni medie giornaliere misurate e quelle stimate dalla formula precedente. I coefficienti ε_i sono le efficienze di prelievo in funzione della dimensione delle particelle che definiscono secondo la norma la frazione PM10 del particolato aerodisperso.

Discussione dei risultati dell'OPC

In Figura 25 si riportano i dedrogrammi risultanti dall'analisi a cluster tra le concentrazioni numeriche e le concentrazioni degli elementi nei tre siti. Dai dedrogrammi risulta come gli elementi terrigeni siano associati a particelle di dimensioni superiori a 2 μm , come tradizionalmente si trova in letteratura: le particelle di origine meccanica non hanno dimensioni sub-micrometriche perché per produrre meccanicamente particelle più fini occorre energie estremamente elevate. Allo stesso modo le particelle di ferro e manganese mostrano la tendenza ad associarsi alle particelle di dimensioni superiori a 2 μm . Le particelle con zolfo, essendo prevalentemente di origine secondaria tendono ad associarsi a particelle di dimensioni inferiori a 1 μm ; le particelle con potassio, così come quelle con rubidio, nel periodo invernale sono presenti in atmosfera in parte derivanti dalla risospensione di polveri dal suolo, in parte perché emesse dalle combustioni di biomasse legnose. Pertanto, esse risulteranno accoppiate a particelle di dimensioni sub-micrometriche o super-micrometriche in ragione della prevalenza tra le due sorgenti. Le particelle associate agli elementi più pesanti tipicamente si associano alle particelle più fini, perché in genere sono emesse da alcune combustioni industriali. Quando invece tali elementi pesanti sono presenti in tracce in materiali ferrosi tendono ad essere presenti nella frazione più grossolana delle particelle di origine meccanica. I risultati dell'analisi a cluster accoppiata concentrazioni numeriche-elementi sembrano quindi indicare che siano le attività meccaniche di materiali ferrosi "contaminati" le responsabili principali della presenza di metalli pesanti in aria, piuttosto che le emissioni a camino di qualche combustione.

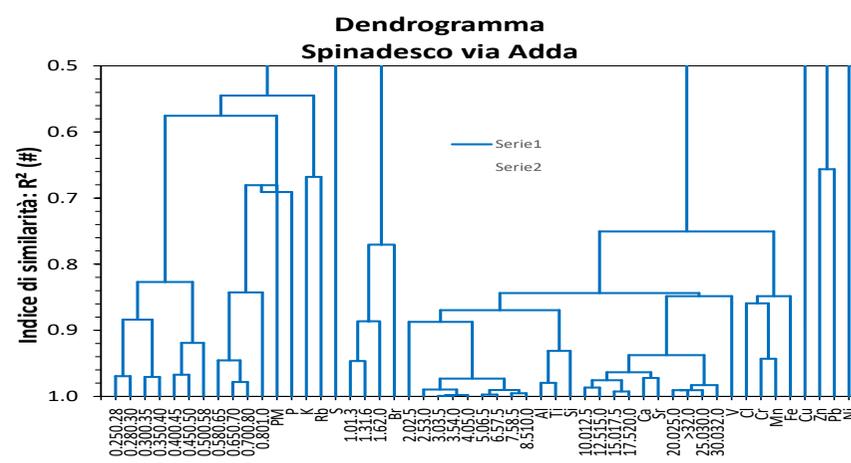
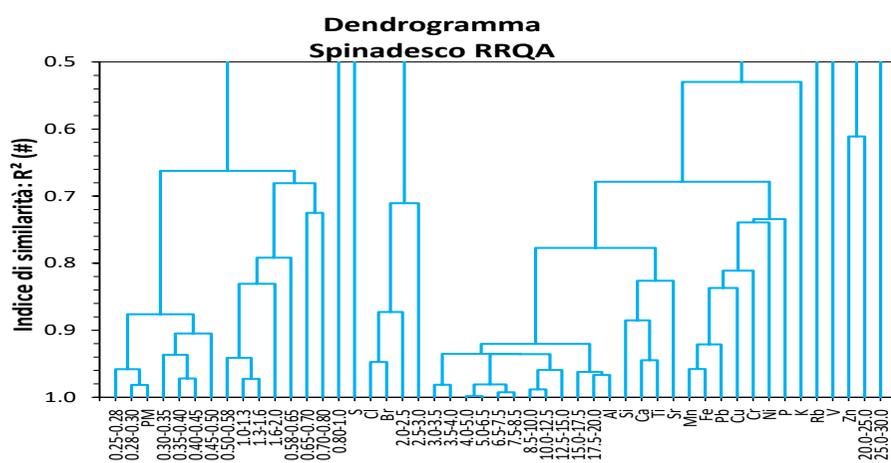
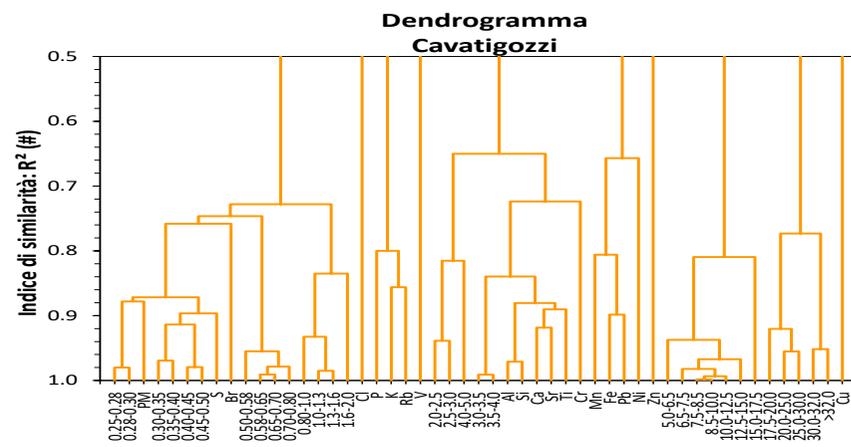
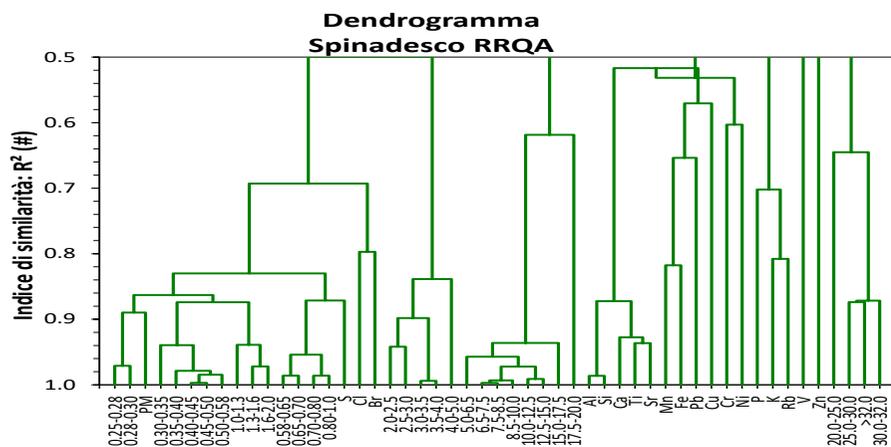


Figura 25 - Dedrogrammi degli elementi e delle concentrazioni numeriche per Cavatigozzi e Spinadesco via Adda con quelli di Spinadesco RRQA risultanti dall'analisi a cluster realizzata negli stessi periodi

In Figura 26 e 27 sono riportate le distribuzioni dimensionali numeriche e di massa delle particelle suddivise sia per classi di velocità del vento che per direzioni, al fine di indagare ulteriormente sulle ipotesi espresse nelle discussioni precedenti.

Dall'analisi delle distribuzioni dimensionali si evince che mano a mano che si ha un aumento della velocità del vento, si ha una riduzione delle concentrazioni per il particolato sub-micrometrico; infatti le particelle sub-micrometriche, emesse in generale dalle emissioni delle combustioni, se aumenta la velocità del vento vengono diluite in maggior volumi di aria; al contrario quando la velocità del vento supera il valore soglia di 4 m/s può sollevare le particelle depositate al suolo o comunque presenti in accumuli non adeguatamente protetti.

Relativamente alla direzione del vento si osserva che quando il sito di misura si trova sottovento dell'area industriale, che sia Spinadesco o Cavatigozzi, si assiste ad un aumento delle concentrazioni delle particelle di dimensioni superiori a 2 μm .

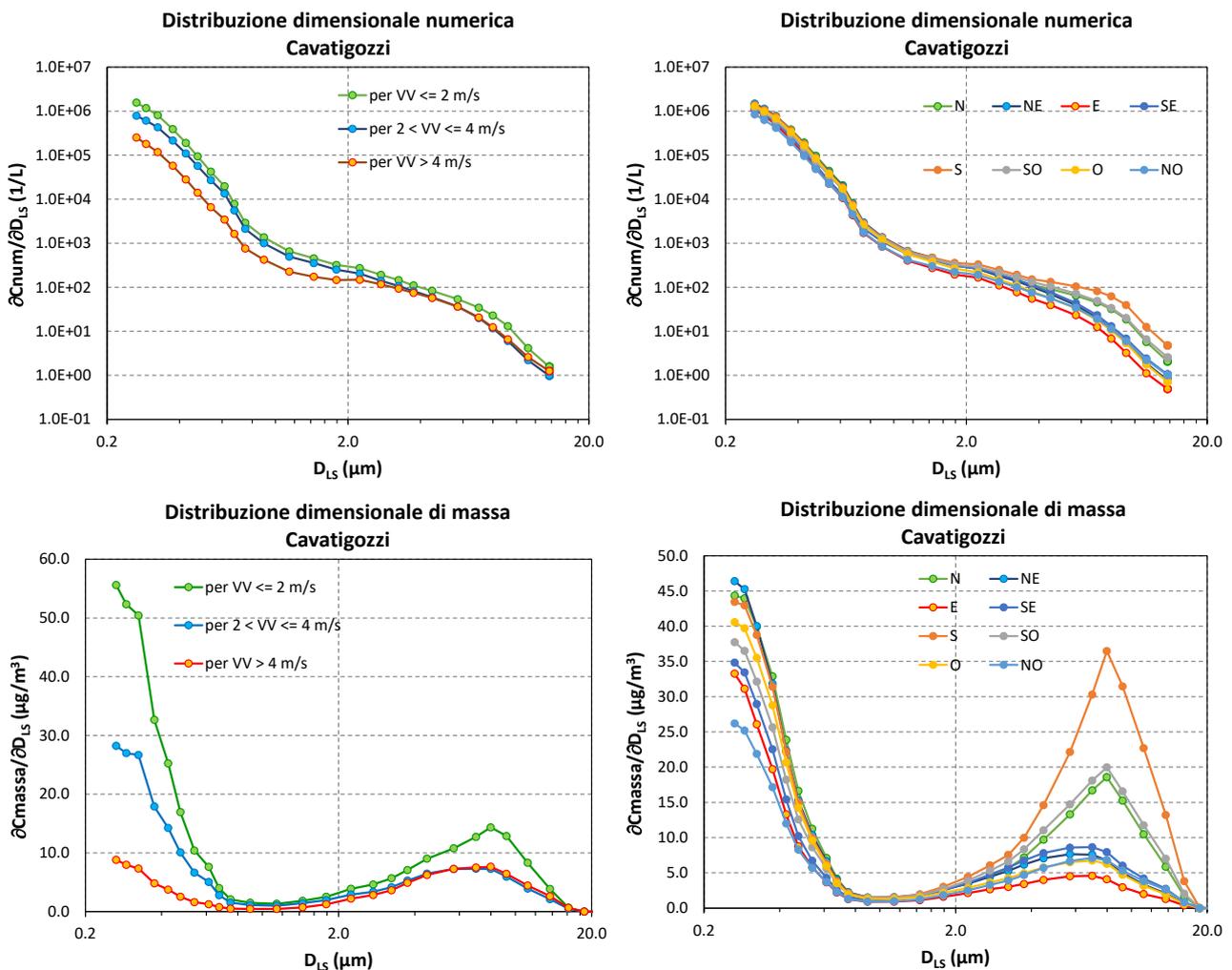


Figura 26 - Distribuzioni dimensionali numeriche e di massa, per classi di velocità e direzione del vento, effettuate per Cavatigozzi

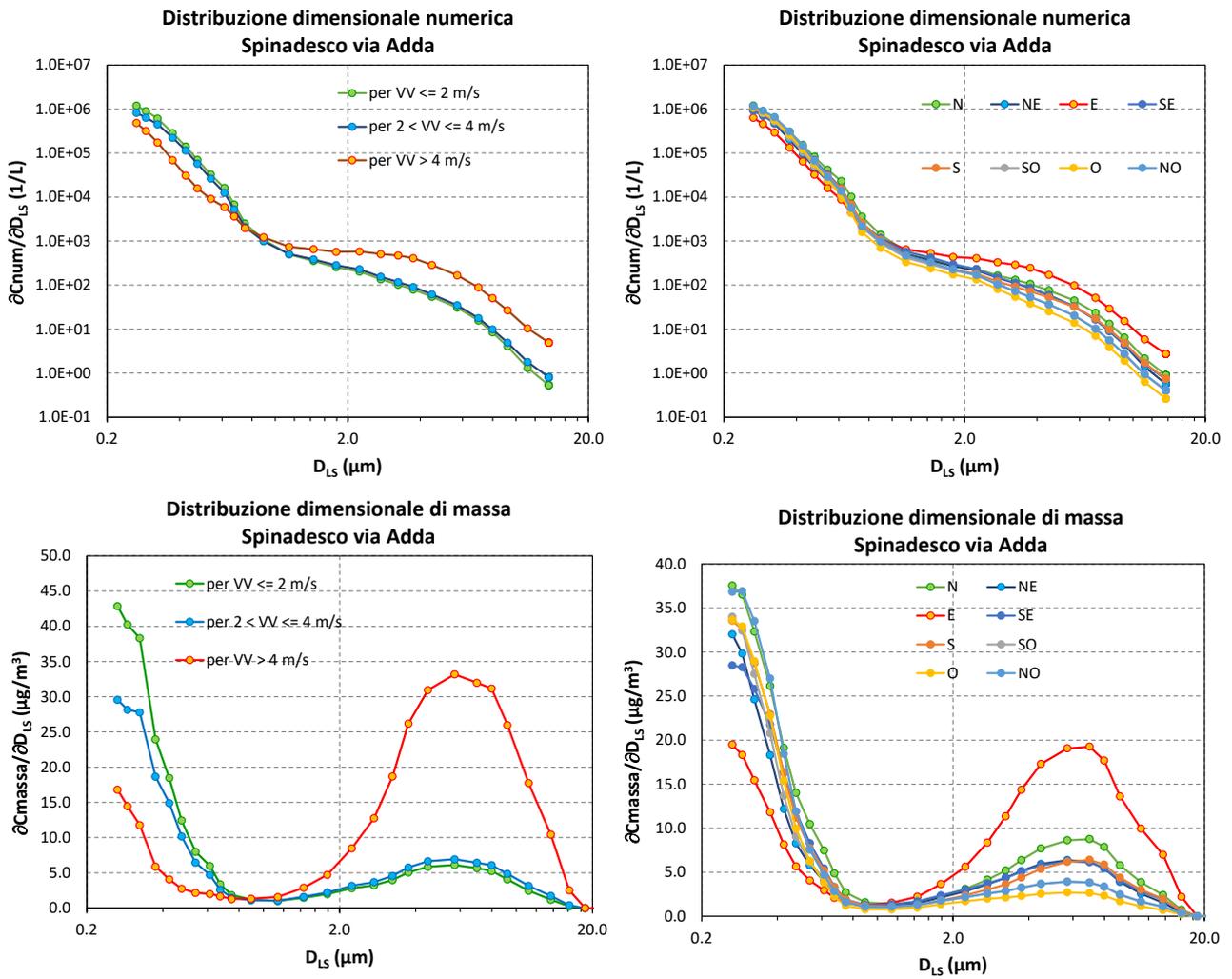


Figura 27 - Distribuzioni dimensionali numeriche e di massa, per classi di velocità e direzione del vento, effettuate per Spinadesco via Adda

In figura 28 sono riportate le rose di inquinamento per ciascun cluster delle concentrazioni numeriche individuato. In figura i valori di ciascun cluster sono normalizzati rispetto al valore massimo e sono quindi espressi in termini percentuali.

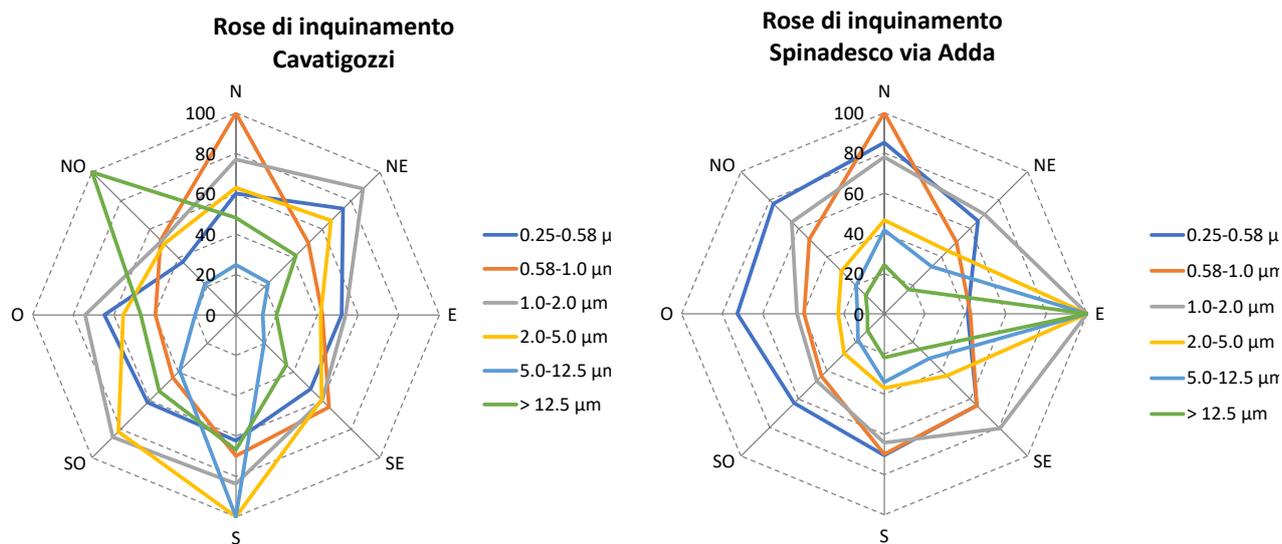


Figura 28 - Rose dell'inquinamento per le concentrazioni cluster di concentrazioni numeriche

Dall'analisi delle rose risulta una maggiore isotropia per le particelle più fini e una relativa prevalenza del settore orientale per le particelle più grossolane. L'elevata isotropia delle particelle più fini risulta giustificata dal fatto che possono rimanere in sospensione nell'aria per tempi lunghi avendo modo di diffondersi omogeneamente in atmosfera, così che le loro concentrazioni risultano quasi indipendenti dalla direzione del vento, mentre le particelle più grossolane, che tipicamente sono emesse da fenomeni di risospensione, si osservano con vento intenso da est per Spinadesco via Adda e dai settori sudoccidentali per Cavatigozzi.

Conclusioni

In seguito a numerose segnalazioni di inquinamento atmosferico, sottoforma di polveri metalliche, nelle zone abitate adiacenti alla zona industriale di Cremona Frazione Cavatigozzi e Spinadesco, il Settore Monitoraggi Ambientali di ARPA Lombardia ha effettuato misure di composizione di PM10, dal 5 febbraio al 25 marzo 2020, per valutare se, rispetto alle indagini svolte in passato, vi siano nuovi elementi che indichino un peggioramento della qualità dell'aria, con particolare riferimento alla presenza di metalli in atmosfera, correlabile eventualmente alle attività della zona.

I dati raccolti e le successive elaborazioni hanno permesso di giungere alle seguenti conclusioni espresse per punti:

- ✓ i tre siti non differiscono in modo significativo tra loro in termini di concentrazione di massa di PM10;
- ✓ le attività industriali locali hanno degli effetti maggiormente sulla qualità delle polveri che sulla quantità delle stesse; pur rimanendo rispettati i limiti sulle concentrazioni dei metalli normati;
- ✓ le polveri prodotte dalle attività industriali locali sono prevalentemente grossolane ed occorrono particolari condizioni meteorologiche per poterle evidenziare;
- ✓ le concentrazioni di PM10 sono comunque principalmente determinate da un generale inquinamento della pianura Padana; le emissioni locali contribuiscono ad una differente caratterizzazione dei siti per alcuni metalli.

Allegato 1

Elenco comuni del bacino aerografico di Spinadesco

Comune	Superficie (km ²)	Popolazione (n. ab.)	Comune	Superficie (km ²)	Popolazione (n. ab.)
Pontevedico	29	7121	Sesto ed Uniti	26	3075
Quinzano d'Oglio	21	6390	Soresina	29	8995
Acquanegra Cremonese	9	1302	Sospiro	19	3236
Annicco	19	2075	Spinadesco	17	1575
Azzanello	11	717	Stagno Lombardo	40	1570
Bonemerse	6	1485	Vescovato	17	3991
Bordolano	8	621	Besenzone	24	976
Cappella Cantone	13	577	Caorso	41	4830
Casalbuttano ed Uniti	23	4103	Castelvetto Piacentino	35	5584
Casalmorano	12	1680	Cortemaggiore	37	4456
Castelverde	31	5651	Monticelli d'Ongina	46	5428
Castelvisconti	10	330	Pontenure	34	6373
Corte de' Cortesi con Cignone	13	1123	San Pietro in Cerro	28	926
Corte de' Frati	20	1423	Villanova sull'Arda	36	1936
Cremona	70	69589	Polesine Parmense	25	1507
Crotta d'Adda	13	654	Camairago	13	667
Formigara	13	1116	Caselle Landi	26	1652
Gadesco-Pieve Delmona	17	2015	Castelnuovo Bocca d'Adda	20	1700
Gerre de' Caprioli	8	1283	Castiglione d'Adda	13	4818
Gombito	9	636	Cavacurta	7	853
Grontardo	12	1469	Codogno	21	15371
Grumello Cremonese ed Uniti	22	1873	Corno Giovine	10	1193
Malagnino	11	1525	Cornovecchio	6	226
Olmeneta	9	967	Fombio	7	2288
Paderno Ponchielli	24	1480	Guardamiglio	10	2687
Persico Dosimo	20	3372	Maccastorna	6	60
Pieve d'Olmi	19	1295	Maleo	20	3249
Pizzighettone	32	6703	Meleti	7	466
Pozzaglio ed Uniti	20	1471	San Fiorano	9	1804
Robecco d'Oglio	18	2438	San Rocco al Porto	31	3464
San Bassano	14	2207	Santo Stefano Lodigiano	10	1902
Scandolara Ripa d'Oglio	6	623	Terranova dei Passerini	11	906

Allegato 2

Carico emissivo annuale assoluto per il Bacino di Spinadesco

Bacino aerografico di Spinadesco	Cr	Hg	Se	Cd	Ni	Zn	As	Pb	Cu	SO2	PM10	NOx	CO
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	t	t	t	t
Produzione energia e trasform. combustibili	1.8	1.1	0.2	1.0	0.2	40.0	1.4	2.1	0.5	8.5	4.1	578.1	557.8
Combustione non industriale	12.3	1.0	0.3	6.9	1.3	274.1	1.2	18.2	3.2	14.4	284.5	371.5	2311.1
Combustione nell'industria	680.3	1.6	0.3	25.4	92.3	366.0	24.8	802.5	201.4	319.1	17.4	514.1	1017.1
Processi produttivi	37.0	10.2	15.3	10.4	20.4	3107.2	34.4	1153.3	58.9	253.5	43.3	380.1	1188.2
Estrazione e distribuzione combustibili													
Uso di solventi	0.1			0.0				5.4	0.0	1.1	9.4	6.8	5.3
Trasporto su strada	65.6		1.4	2.3	13.8	842.5	2.3	210.5	1351.4	3.6	141.9	2003.7	2503.9
Altre sorgenti mobili e macchinari	1.2		0.2	0.2	2.3	24.8		1.0	42.1	3.5	60.7	1137.5	370.8
Trattamento e smaltimento rifiuti	1.7	4.0	0.5	0.3	2.1	24.5	6.1	1.4	3.8	10.2	1.3	121.7	16.6
Agricoltura	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	87.6	54.2	0.1
Altre sorgenti e assorbimenti	2.3	0.0	0.0	1.5	1.7	40.6	0.1	12.0	23.5	0.1	13.3	0.5	14.1
Totale	802.2	17.9	18.2	48.2	134.1	4719.7	70.2	2206.4	1684.8	614.1	663.6	5168.2	7985.2

Carico emissivo annuale assoluto per la regione Lombardia

Regione Lombardia	Cr	Hg	Se	Cd	Ni	Zn	As	Pb	Cu	SO2	PM10	NOx	CO
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	t	t	t	t
Produzione energia e trasform. combustibili	355.4	86.3	12.2	120.5	196.3	3889.1	108.1	211.6	86.7	3559.6	177.2	8116.8	6664.8
Combustione non industriale	487.1	38.0	12.3	274.1	41.0	10885.7	35.2	571.0	126.5	638.3	7566.3	11307.4	61033.0
Combustione nell'industria	15513.9	1265.6	77.1	451.5	2089.6	5379.8	721.8	10896.3	1669.9	4775.5	1343.7	17071.8	12108.7
Processi produttivi	432.6	374.4	416.8	298.3	1121.1	23093.3	416.1	3813.3	868.7	1854.5	651.4	1664.3	33259.6
Estrazione e distribuzione combustibili													
Uso di solventi	98.7	0.0		1.4	0.1		8.6	296.0	2.8	0.5	744.7	122.4	53.4
Trasporto su strada	2539.3		49.1	83.3	434.9	30387.5	74.3	6710.6	52647.7	109.7	4071.5	56786.6	83168.7
Altre sorgenti mobili e macchinari	14.7	0.2	3.5	2.9	27.0	295.7	0.3	9.9	494.8	191.6	579.3	12469.1	4751.6
Trattamento e smaltimento rifiuti	141.1	111.1	29.0	10.4	50.7	416.1	46.9	46.2	89.1	642.0	34.2	2642.7	1103.5
Agricoltura	8.5	2.8	4.1	13.7	3.8	78.5	7.8	6.1	7.5	42.6	1074.8	696.7	2221.4
Altre sorgenti e assorbimenti	151.9	1.0	0.0	94.0	89.6	2833.8	4.5	638.2	1174.2	99.3	1605.7	483.7	13804.2
Totale	19743.2	1879.4	604.1	1350.1	4054.1	77259.5	1423.5	23199.3	57167.9	11913.6	17848.9	111361.6	218169.0

Carico emissivo percentuale per il Bacino di Spinadesco

Bacino aerografico di Spinadesco	Cr	Hg	Se	Cd	Ni	Zn	As	Pb	Cu	SO2	PM10	NOx	CO
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Produzione energia e trasform. combustibili	0.2	6.4	0.9	2.1	0.1	0.8	1.9	0.1	0.0	1.4	0.6	11.2	7.0
Combustione non industriale	1.5	5.8	1.7	14.3	1.0	5.8	1.7	0.8	0.2	2.3	42.9	7.2	28.9
Combustione nell'industria	84.8	8.8	1.8	52.8	68.8	7.8	35.3	36.4	12.0	52.0	2.6	9.9	12.7
Processi produttivi	4.6	56.9	84.3	21.7	15.2	65.8	49.0	52.3	3.5	41.3	6.5	7.4	14.9
Estrazione e distribuzione combustibili	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Uso di solventi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	1.4	0.1	0.1
Trasporto su strada	8.2	0.0	7.4	4.7	10.3	17.9	3.3	9.5	80.2	0.6	21.4	38.8	31.4
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.2	0.0	1.4	0.5	1.7	0.5	0.0	0.0	2.5	0.6	9.1	22.0	4.6
Trattamento e smaltimento rifiuti	0.2	22.1	2.5	0.7	1.5	0.5	8.7	0.1	0.2	1.7	0.2	2.4	0.2
Agricoltura	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	1.0	0.0
Altre sorgenti e assorbimenti	0.3	0.0	0.0	3.1	1.3	0.9	0.1	0.5	1.4	0.0	2.0	0.0	0.2
Totale	100.0												

Carico emissivo percentuale per la regione Lombardia

Regione Lombardia	Cr	Hg	Se	Cd	Ni	Zn	As	Pb	Cu	SO2	PM10	NOx	CO
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Produzione energia e trasform. combustibili	1.8	4.6	2.0	8.9	4.8	5.0	7.6	0.9	0.2	29.9	1.0	7.3	3.1
Combustione non industriale	2.5	2.0	2.0	20.3	1.0	14.1	2.5	2.5	0.2	5.4	42.4	10.2	28.0
Combustione nell'industria	78.6	67.3	12.8	33.4	51.5	7.0	50.7	47.0	2.9	40.1	7.5	15.3	5.6
Processi produttivi	2.2	19.9	69.0	22.1	27.7	29.9	29.2	16.4	1.5	15.6	3.6	1.5	15.2
Estrazione e distribuzione combustibili	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Uso di solventi	0.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.6	1.3	0.0	0.0	4.2	0.1	0.0
Trasporto su strada	12.9	0.0	8.1	6.2	10.7	39.3	5.2	28.9	92.1	0.9	22.8	51.0	38.1
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.1	0.0	0.6	0.2	0.7	0.4	0.0	0.0	0.9	1.6	3.2	11.2	2.2
Trattamento e smaltimento rifiuti	0.7	5.9	4.8	0.8	1.3	0.5	3.3	0.2	0.2	5.4	0.2	2.4	0.5
Agricoltura	0.0	0.1	0.7	1.0	0.1	0.1	0.5	0.0	0.0	0.4	6.0	0.6	1.0
Altre sorgenti e assorbimenti	0.8	0.1	0.0	7.0	2.2	3.7	0.3	2.8	2.1	0.8	9.0	0.4	6.3
Totale	100.0												

Allegato 3

Data	PM10 Spinadesco RRQA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 CR Cavatigozzi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 Spinadesco via Adda ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
05/02/2020	17	11	n.d.
06/02/2020	37	29	n.d.
07/02/2020	47	39	n.d.
08/02/2020	58	50	n.d.
09/02/2020	88	80	n.d.
10/02/2020	81	72	n.d.
11/02/2020	33	36	n.d.
12/02/2020	21	34	n.d.
13/02/2020	48	44	n.d.
14/02/2020	51	45	n.d.
15/02/2020	75	71	n.d.
16/02/2020	92	80	n.d.
17/02/2020	75	73	n.d.
18/02/2020	47	39	n.d.
19/02/2020	55	49	n.d.
20/02/2020	46	37	n.d.
21/02/2020	61	52	n.d.
22/02/2020	63	55	n.d.
23/02/2020	69	59	n.d.
24/02/2020	55	54	n.d.
25/02/2020	83	83	n.d.
26/02/2020	39	37	n.d.
27/02/2020	20	16	n.d.
28/02/2020	22	17	n.d.
29/02/2020	41	35	n.d.
01/03/2020	24	22	n.d.
02/03/2020	29	25	n.d.
03/03/2020	21	17	n.d.
04/03/2020	26	n.d.	n.d.
05/03/2020	28	n.d.	31
06/03/2020	25	n.d.	24
07/03/2020	37	n.d.	34
08/03/2020	20	n.d.	18
09/03/2020	35	n.d.	32
10/03/2020	27	n.d.	24
11/03/2020	33	n.d.	32
12/03/2020	61	n.d.	54
13/03/2020	32	n.d.	33
14/03/2020	31	n.d.	33

Data	PM10 Spinadesco RRQA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 CR Cavatigozzi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 Spinadesco via Adda ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
15/03/2020	22	n.d.	20
16/03/2020	35	n.d.	27
17/03/2020	41	n.d.	39
18/03/2020	60	n.d.	57
19/03/2020	52	n.d.	52
20/03/2020	59	n.d.	57
21/03/2020	33	n.d.	33
22/03/2020	28	n.d.	29
23/03/2020	34	n.d.	45
24/03/2020	29	n.d.	20
25/03/2020	31	n.d.	42

Allegato 4

Concentrazioni elementali rilevate per Spinadesco via XXV Aprile – c/o stazione della RRQA

Data camp.	Al ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Si ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cl ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	K ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ca ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Br ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Rb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
05/02/2020	0.327	0.847	0.012	0.292	0.183	0.532	1.088	0.026	0.001	0.005	0.015	0.590	0.006	0.022	0.048	0.004	0.003	0.009
06/02/2020	0.500	1.392	0.029	0.727	0.794	1.084	2.517	0.055	0.001	0.017	0.043	2.092	0.019	0.053	0.762	0.009	0.003	0.024
07/02/2020	0.560	1.550	0.033	0.987	0.806	1.260	1.865	0.047	0.001	0.011	0.035	1.820	0.012	0.064	0.121	0.010	0.004	0.023
08/02/2020	0.500	1.351	0.053	1.218	0.917	1.357	2.310	0.048	0.001	0.018	0.048	1.700	0.013	0.066	0.227	0.014	0.005	0.035
09/02/2020	0.388	1.111	0.056	2.427	0.938	1.668	1.536	0.037	0.001	0.011	0.036	1.349	0.010	0.060	0.268	0.016	0.006	0.037
10/02/2020	0.237	0.706	0.017	2.421	1.185	1.070	0.686	0.023	0.001	0.008	0.016	0.773	0.007	0.032	0.083	0.022	0.004	0.025
11/02/2020	0.331	0.872	0.011	1.147	0.624	0.805	0.967	0.026	0.001	0.007	0.015	1.000	0.007	0.048	0.057	0.012	0.004	0.021
12/02/2020	0.337	0.974	0.008	0.420	0.221	0.561	1.102	0.029	0.001	0.010	0.014	0.698	0.009	0.023	0.029	0.006	0.002	0.005
13/02/2020	0.705	1.732	0.035	1.016	0.824	0.938	2.722	0.056	0.002	0.017	0.053	1.816	0.014	0.063	0.159	0.014	0.004	0.020
14/02/2020	0.312	0.872	0.021	1.070	0.761	0.827	1.043	0.030	0.000	0.009	0.021	0.802	0.007	0.037	0.100	0.013	0.003	0.020
15/02/2020	0.421	1.148	0.024	1.886	0.926	1.011	1.575	0.040	0.001	0.011	0.038	1.669	0.010	0.053	0.231	0.013	0.003	0.030
16/02/2020	0.339	0.969	0.026	2.594	0.996	1.282	1.003	0.029	0.001	0.008	0.021	0.876	0.008	0.038	0.106	0.014	0.004	0.023
17/02/2020	0.300	0.854	0.035	2.437	1.071	1.028	0.888	0.024	0.001	0.007	0.019	0.895	0.007	0.053	0.100	0.018	0.004	0.020
18/02/2020	0.238	0.636	0.022	2.872	0.611	0.744	0.801	0.017	0.001	0.005	0.015	0.615	0.007	0.036	0.084	0.011	0.003	0.015
19/02/2020	0.317	0.888	0.017	2.183	0.664	0.689	0.962	0.026	0.001	0.007	0.015	1.256	0.012	0.090	0.806	0.011	0.003	0.017
20/02/2020	0.579	1.545	0.027	1.268	0.621	0.757	2.336	0.046	0.001	0.011	0.036	1.711	0.011	0.049	0.313	0.010	0.003	0.027
21/02/2020	0.874	2.131	0.052	1.380	1.007	1.221	2.722	0.062	0.002	0.016	0.070	3.236	0.016	0.098	0.559	0.015	0.005	0.051
22/02/2020	0.410	1.094	0.030	1.442	0.829	1.096	1.667	0.036	0.001	0.011	0.031	1.183	0.010	0.082	0.275	0.013	0.003	0.023
23/02/2020	0.313	0.920	0.023	1.676	0.921	0.978	0.897	0.026	0.001	0.007	0.016	0.712	0.008	0.030	0.077	0.017	0.004	0.017
24/02/2020	0.315	0.739	0.014	1.932	1.260	0.639	1.528	0.026	0.002	0.010	0.034	1.309	0.009	0.036	0.306	0.021	0.002	0.024
25/02/2020	0.426	1.212	0.016	2.549	1.166	0.968	1.906	0.046	0.002	0.010	0.038	1.315	0.009	0.049	0.272	0.022	0.003	0.022
26/02/2020	0.494	1.277	0.014	1.283	0.474	0.555	1.204	0.034	0.001	0.007	0.015	0.679	0.008	0.029	0.052	0.011	0.002	0.009

Data camp.	Al ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Si ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cl ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	K ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ca ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Br ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Rb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
27/02/2020	0.663	1.632	0.020	0.336	0.193	0.516	1.481	0.041	0.001	0.007	0.015	0.684	0.008	0.018	0.029	0.004	0.003	0.004
28/02/2020	0.141	0.474	0.003	0.171	0.068	0.304	1.003	0.021	0.001	0.011	0.014	0.916	0.015	0.020	0.024	0.002	0.001	0.008
29/02/2020	0.739	1.782	0.047	0.711	0.458	1.076	2.871	0.056	0.001	0.014	0.036	1.880	0.012	0.069	0.227	0.011	0.004	0.028
01/03/2020	0.086	0.271	0.014	0.902	0.371	0.556	0.315	0.009	0.000	0.005	0.008	0.275	0.008	0.016	0.052	0.015	0.003	0.009
02/03/2020	0.028	0.166	0.012	1.643	0.453	0.490	0.251	0.008	0.000	0.006	0.011	0.590	0.008	0.053	0.178	0.009	0.002	0.021
03/03/2020	0.056	0.247	0.013	0.544	0.268	0.528	0.480	0.010	0.000	0.006	0.007	1.012	0.006	0.026	0.100	0.005	0.003	0.013
04/03/2020	0.128	0.469	0.017	0.791	0.575	0.621	1.013	0.019	0.000	0.009	0.035	2.156	0.011	0.046	0.928	0.007	0.002	0.024
05/03/2020	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
06/03/2020	0.048	0.279	0.006	1.350	0.092	0.403	0.467	0.009	0.000	0.001	0.001	0.435	0.008	0.024	0.277	0.006	0.001	0.007
07/03/2020	0.102	0.431	0.015	1.263	0.247	0.543	0.829	0.014	0.000	0.007	0.015	0.983	0.006	0.050	0.281	0.009	0.002	0.019
08/03/2020	0.035	0.212	0.015	0.651	0.215	0.567	0.433	0.007	0.000	0.004	0.005	0.324	0.007	0.021	0.071	0.007	0.002	0.008
09/03/2020	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
10/03/2020	0.202	0.634	0.013	0.823	0.103	0.688	0.847	0.020	0.001	0.006	0.008	0.423	0.008	0.029	0.043	0.010	0.003	0.009
11/03/2020	0.229	0.715	0.013	0.818	0.388	0.567	1.175	0.024	0.001	0.009	0.019	1.076	0.010	0.039	0.101	0.011	0.002	0.014
12/03/2020	0.257	0.794	0.025	1.653	0.412	0.838	1.184	0.027	0.001	0.008	0.022	0.717	0.008	0.042	0.135	0.019	0.003	0.020
13/03/2020	0.245	0.728	0.012	1.424	0.338	0.470	1.156	0.024	0.001	0.007	0.018	1.067	0.008	0.029	0.333	0.013	0.002	0.024
14/03/2020	0.195	0.473	0.011	1.096	0.548	0.464	1.329	0.018	0.001	0.010	0.046	1.824	0.011	0.092	0.867	0.010	0.001	0.035
15/03/2020	0.054	0.233	0.012	0.774	0.822	0.444	0.521	0.008	n.d.	0.007	0.007	0.824	0.010	0.019	0.197	0.011	0.002	0.012
16/03/2020	0.374	0.887	0.018	1.137	0.726	0.754	1.248	0.025	0.001	0.008	0.017	0.711	0.009	0.036	0.067	0.014	0.002	0.013
17/03/2020	0.595	1.480	0.022	1.201	0.525	0.827	2.040	0.039	0.001	0.012	0.049	1.605	0.012	0.071	0.239	0.012	0.003	0.020
18/03/2020	0.694	1.554	0.035	1.560	0.561	0.943	1.994	0.045	0.001	0.010	0.031	1.114	0.010	0.028	0.136	0.013	0.003	0.016
19/03/2020	0.716	1.708	0.032	1.635	0.325	0.842	1.741	0.043	0.001	0.007	0.025	0.939	0.008	0.065	0.076	0.015	0.004	0.016
20/03/2020	0.807	1.878	0.042	1.921	0.556	1.030	2.213	0.057	0.001	0.008	0.048	1.429	0.010	0.042	0.311	0.016	0.003	0.021
21/03/2020	0.579	1.273	0.017	2.312	0.483	0.624	0.991	0.037	0.002	0.005	0.013	0.665	0.008	0.026	0.034	0.016	0.002	0.010
22/03/2020	0.557	1.138	0.007	2.258	0.987	0.475	1.598	0.031	0.001	0.005	0.016	0.707	0.007	0.009	0.038	0.016	0.002	0.009

	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Pb
Data camp.	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																	
23/03/2020	0.924	1.699	0.011	0.982	2.330	0.477	4.031	0.051	0.003	0.021	0.081	3.096	0.016	0.031	0.350	0.018	0.002	0.018
24/03/2020	0.497	1.150	0.031	1.037	0.461	0.567	1.502	0.031	0.001	0.006	0.020	0.845	0.007	0.016	0.073	0.010	0.003	0.009
25/03/2020	0.890	1.667	0.014	1.539	1.095	0.452	3.384	0.052	0.002	0.015	0.053	3.225	0.016	0.041	0.893	0.016	0.002	0.018

Concentrazioni elementali rilevate per Cavatigozzi

	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Pb
Data camp.	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																	
05/02/2020	0.194	0.515	0.008	0.177	0.094	0.224	0.674	0.015	0.000	0.006	0.008	0.616	0.013	0.061	0.099	0.001	0.001	0.012
06/02/2020	0.439	1.158	0.022	0.510	0.580	0.560	2.092	0.040	0.002	0.018	0.036	1.625	0.022	0.045	0.224	0.004	0.002	0.020
07/02/2020	0.578	1.387	0.027	0.861	0.926	0.750	1.972	0.041	0.002	0.016	0.045	1.832	0.016	0.078	0.342	0.006	0.003	0.019
08/02/2020	0.403	1.031	0.039	1.016	0.607	0.937	1.935	0.036	0.002	0.018	0.046	1.499	0.017	0.048	0.229	0.010	0.004	0.030
09/02/2020	0.447	1.130	0.044	2.321	1.035	1.306	1.726	0.037	0.002	0.014	0.042	1.761	0.017	0.090	0.495	0.013	0.005	0.033
10/02/2020	0.276	0.711	0.024	2.378	0.541	0.802	0.782	0.026	0.004	0.008	0.020	0.964	0.015	0.066	0.148	0.015	0.003	0.022
11/02/2020	0.520	1.146	0.014	0.964	1.008	0.559	1.910	0.037	0.002	0.014	0.054	4.385	0.024	0.130	1.381	0.008	0.002	0.057
12/02/2020	0.759	1.563	0.018	0.508	0.882	0.391	3.585	0.049	0.002	0.023	0.126	6.508	0.024	0.113	1.432	0.004	0.001	0.103
13/02/2020	0.600	1.566	0.034	0.954	0.522	0.799	2.180	0.047	0.001	0.014	0.034	1.484	0.017	0.051	0.121	0.010	0.003	0.020
14/02/2020	0.308	0.830	0.020	0.967	0.983	0.509	1.053	0.027	0.001	0.014	0.054	1.388	0.018	0.055	0.405	0.009	0.002	0.025
15/02/2020	0.454	1.144	0.028	1.529	0.642	0.932	1.553	0.040	0.001	0.013	0.038	1.523	0.014	0.041	0.130	0.010	0.003	0.024
16/02/2020	0.261	0.785	0.021	2.103	0.940	0.827	0.760	0.025	0.001	0.009	0.016	0.908	0.014	0.057	0.169	0.011	0.003	0.018
17/02/2020	0.283	0.767	0.029	2.087	0.631	0.769	0.933	0.025	0.001	0.008	0.020	0.911	0.015	0.056	0.091	0.014	0.003	0.016
18/02/2020	0.162	0.471	0.016	1.968	0.059	0.455	0.596	0.016	0.000	0.008	0.012	0.669	0.013	0.052	0.073	0.007	0.001	0.018
19/02/2020	0.363	0.916	0.017	1.955	0.582	0.592	1.456	0.027	0.001	0.010	0.025	1.072	0.013	0.132	0.109	0.008	0.002	0.015
20/02/2020	0.399	1.010	0.020	0.893	0.459	0.501	1.833	0.033	0.002	0.014	0.035	1.189	0.014	0.027	0.174	0.005	0.002	0.023
21/02/2020	0.642	1.641	0.038	1.080	0.735	0.863	2.239	0.048	0.001	0.014	0.039	1.868	0.016	0.101	0.277	0.009	0.003	0.021

	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Pb
Data camp.	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																	
22/02/2020	0.354	0.904	0.022	1.294	1.241	0.634	1.517	0.029	0.001	0.012	0.037	1.615	0.015	0.116	0.430	0.009	0.002	0.022
23/02/2020	0.269	0.748	0.017	1.451	1.252	0.624	0.876	0.023	0.001	0.010	0.025	1.896	0.016	0.084	0.415	0.014	0.001	0.029
24/02/2020	0.037	0.248	0.007	1.077	1.423	0.445	0.970	0.027	0.002	0.011	0.033	3.419	0.022	0.055	2.690	0.014	0.002	0.033
25/02/2020	0.381	1.060	0.017	2.270	0.614	0.721	1.872	0.039	0.002	0.012	0.039	1.236	0.014	0.032	0.169	0.015	0.002	0.019
26/02/2020	0.526	1.278	0.011	0.941	0.546	0.435	2.415	0.039	0.001	0.013	0.040	1.997	0.013	0.117	0.439	0.007	0.002	0.024
27/02/2020	0.437	1.109	0.012	0.271	0.125	0.320	1.280	0.032	0.001	0.009	0.022	1.020	0.013	0.091	0.164	0.002	0.001	0.012
28/02/2020	0.347	0.916	0.007	0.318	0.213	0.329	1.260	0.026	0.001	0.009	0.027	1.247	0.014	0.071	0.438	0.003	0.001	0.019
29/02/2020	0.474	1.225	0.027	0.530	0.075	0.777	1.912	0.038	0.001	0.011	0.022	1.011	0.013	0.030	0.085	0.006	0.004	0.015
01/03/2020	0.073	0.228	0.009	0.672	0.005	0.317	0.191	0.008	0.000	0.005	0.004	0.280	0.013	0.045	0.041	0.009	0.002	0.008
02/03/2020	0.026	0.151	0.009	1.183	0.215	0.340	0.171	0.008	0.000	0.007	0.015	0.753	0.014	0.044	0.343	0.006	0.001	0.014
03/03/2020	0.086	0.304	0.011	0.370	0.045	0.317	0.593	0.011	0.000	0.007	0.011	0.692	0.012	0.032	0.106	0.002	0.001	0.016

Concentrazioni elementali rilevate per Spinadesco via Adda

	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Pb
Data camp.	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																	
05-mar-20	0.143	0.448	0.010	0.622	0.753	0.393	1.224	0.018	0.001	0.013	0.042	2.751	0.018	0.059	0.621	0.007	0.001	0.018
06-mar-20	0.026	0.192	0.005	1.001	0.000	0.378	0.261	0.007	0.000	0.004	0.007	0.380	0.014	0.022	0.144	0.003	0.002	0.006
07-mar-20	0.120	0.424	0.015	1.078	0.426	0.537	0.786	0.015	0.000	0.010	0.019	1.383	0.014	0.040	0.334	0.006	0.001	0.025
08-mar-20	n.d.																	
09-mar-20	n.d.																	
10-mar-20	0.150	0.475	0.014	0.690	0.025	0.625	0.473	0.014	0.001	0.006	0.012	0.329	0.014	0.036	0.033	0.006	0.002	0.007
11-mar-20	0.272	0.801	0.015	0.727	0.315	0.499	1.071	0.023	0.001	0.009	0.024	1.230	0.017	0.033	0.095	0.007	0.002	0.012
12-mar-20	0.251	0.716	0.022	1.516	0.660	0.646	0.869	0.022	0.001	0.008	0.018	0.634	0.014	0.035	0.105	0.013	0.002	0.016

	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Pb
Data camp.	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																	
13-mar-20	0.292	0.749	0.013	1.266	0.538	0.407	1.183	0.025	0.001	0.009	0.029	2.024	0.017	0.038	0.720	0.009	0.001	0.040
14-mar-20	0.302	0.601	0.012	0.956	0.688	0.397	1.729	0.024	0.001	0.018	0.057	2.455	0.016	0.064	1.016	0.007	0.001	0.039
15-mar-20	0.076	0.258	0.014	0.605	0.752	0.372	0.578	0.010	0.000	0.012	0.022	2.511	0.040	0.027	0.504	0.006	0.000	0.015
16-mar-20	0.288	0.697	0.015	0.898	0.288	0.730	0.979	0.022	0.001	0.007	0.018	0.589	0.013	0.043	0.049	0.008	0.002	0.010
17-mar-20	0.308	0.876	0.017	0.870	0.276	0.692	1.498	0.027	0.001	0.012	0.041	1.503	0.017	0.052	0.179	0.008	0.003	0.015
18-mar-20	0.503	1.262	0.029	1.217	0.282	0.842	1.729	0.041	0.001	0.010	0.030	1.143	0.016	0.030	0.131	0.010	0.003	0.015
19-mar-20	0.573	1.482	0.027	1.322	0.043	0.890	1.666	0.046	0.001	0.008	0.028	0.999	0.014	0.052	0.069	0.010	0.005	0.013
20-mar-20	0.622	1.562	0.033	1.456	0.387	0.844	1.857	0.049	0.002	0.010	0.041	1.437	0.016	0.029	0.453	0.011	0.003	0.018
21-mar-20	0.429	1.030	0.012	1.756	0.022	0.519	0.931	0.034	0.001	0.005	0.013	0.781	0.013	0.013	0.036	0.010	0.003	0.008
22-mar-20	0.465	0.998	0.007	1.480	0.576	0.371	1.853	0.036	0.002	0.008	0.028	1.258	0.014	0.011	0.071	0.010	0.002	0.009
23-mar-20	1.006	1.600	0.017	0.770	2.287	0.431	5.442	0.065	0.003	0.032	0.157	5.747	0.027	0.044	0.802	0.014	0.001	0.036
24-mar-20	0.253	0.682	0.017	0.689	0.085	0.371	0.955	0.020	0.001	0.006	0.015	0.752	0.014	0.016	0.063	0.005	0.002	0.007
25-mar-20	0.893	1.618	0.015	1.059	1.105	0.392	4.222	0.058	0.003	0.021	0.091	5.776	0.028	0.069	1.531	0.011	0.002	0.032