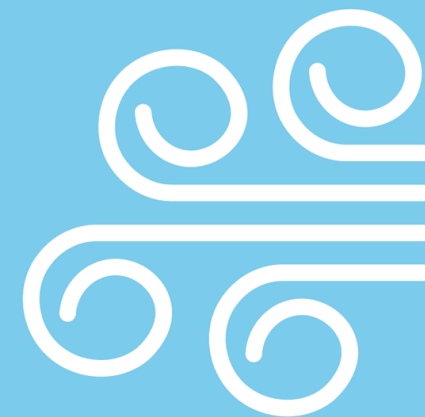
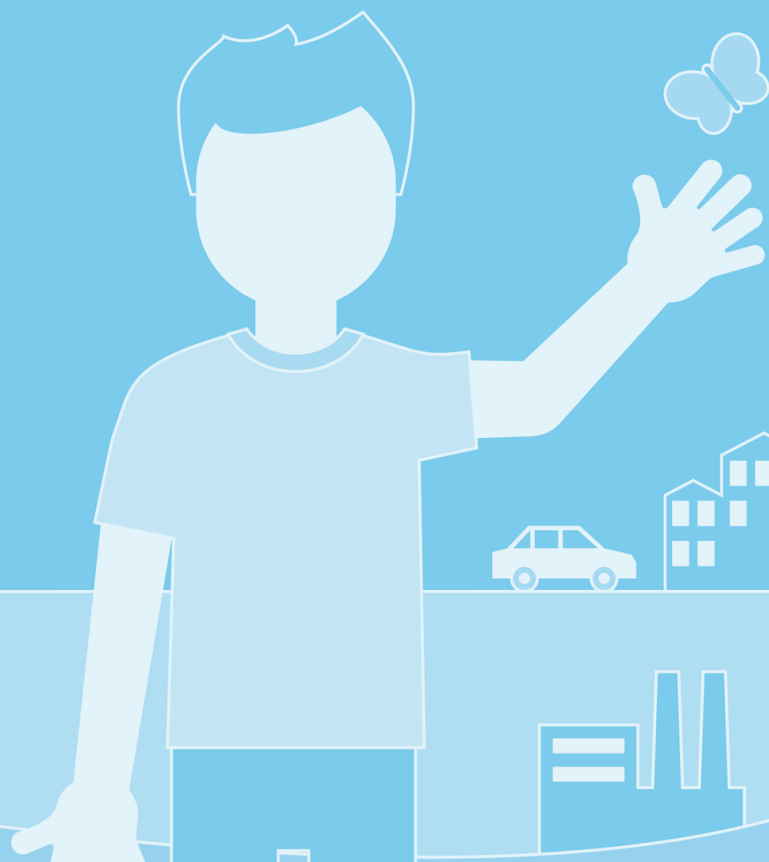


Specie chimiche nel particolato (PM_{2.5}) in atmosfera



Aria



Semestre autunno-inverno 2017-2018
(1 ottobre 2017 - 31 marzo 2018)

Specie chimiche nel particolato (PM_{2.5}) in atmosfera

Bologna, Parma, Rimini, Molinella (BO)

**Semestre autunno-inverno 2017-2018
(1 ottobre 2017 - 31 marzo 2018)**

I risultati del monitoraggio e delle analisi di laboratorio

Gruppo di lavoro in Arpae:

Direzione tecnica – Centro tematico regionale Aree Urbane: Dimitri Bacco, Silvia Ferrari, Claudio Maccone, Vanes Poluzzi, Fabiana Scotto, Arianna Trentini

Area prevenzione ambientale Ovest – Parma: Fiorella Achilli, Teresa Concari, Giancarlo Pinto, Claudia Pironi, Maurizio Poli, Beatrice Zani

Area prevenzione ambientale Metropolitana – Bologna: Andrea Aldrovandi, Luca Malaguti, Andrea Mecati, Marco Trepiccioni, Pamela Ugolini, Cristina Volta

Area prevenzione ambientale Est – Rimini: Federica Bernardi, Daniele Foscoli, Patrizia Luciali, Cinzia Para, Marco Zamagni

Laboratorio multisito – Sede di Ravenna: Michela Comandini, Marilena Montalti, Ivan Scaroni, Davide Verna, Claudia Zigola

Staff Comunicazione e informazione – Direzione generale: Stefano Folli, Adele Ballarini

Indice

Premessa	3
1. Le specie chimiche in studio	4
2. Le specie chimiche nel PM _{2.5} a Bologna	6
3. Le specie chimiche nel PM _{2.5} a Parma	10
4. Le specie chimiche nel PM _{2.5} a Rimini	14
5. Le specie chimiche nel PM _{2.5} a Molinella (BO)	18
6. Conclusioni	22

Premessa

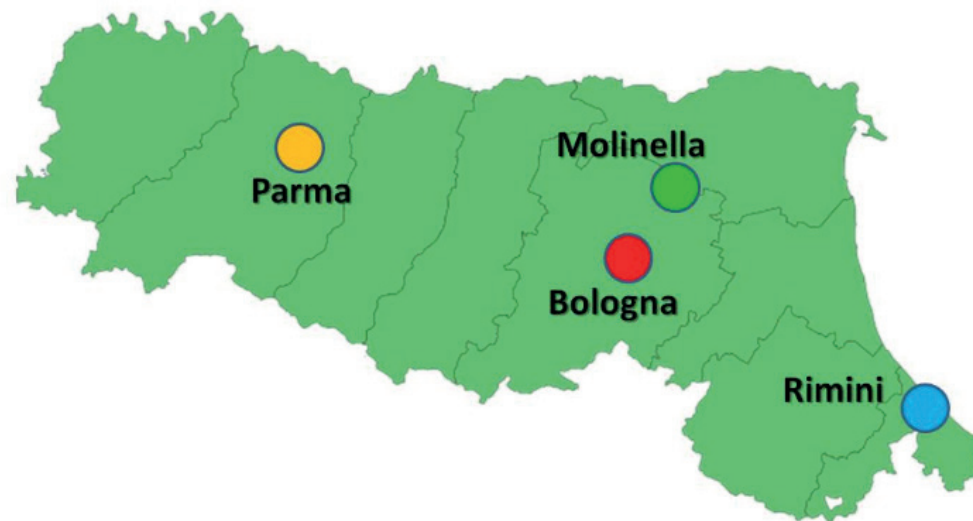
Approfondire la conoscenza delle proprietà degli inquinanti atmosferici e dei loro impatti sull'ambiente e sulla salute è uno dei compiti fondamentali dell'Agenzia regionale prevenzione, ambiente ed energia (Arpae), soprattutto considerando che i valori misurati nelle diverse stazioni di monitoraggio possono risultare al di fuori dei limiti normativi, specialmente per ciò che riguarda il particolato atmosferico, gli ossidi di azoto e l'ozono.

Di conseguenza, negli ultimi anni in regione Emilia-Romagna è emerso l'interesse a indagare nel dettaglio la frazione delle polveri con diametro inferiore a 2,5 µm (PM_{2,5}), con l'obiettivo di studiare da cosa è composto quello che viene definito genericamente "particolato fine" e di cui normalmente viene espresso solo il valore di massa (per esempio relativamente al rispetto dei limiti di legge). Ciò può permettere di capirne meglio gli effetti sulla salute e sull'ambiente e la provenienza dalle diverse sorgenti, a supporto delle politiche per la salute e tutela dell'ambiente.

In questo report vengono brevemente riassunte misure non convenzionali, che possono indicarci da cosa è composto il particolato che conosciamo comunemente come PM_{2,5}.

In particolare, vengono riportate le concentrazioni dei principali costituenti del PM_{2,5}: carbonio organico ed elementare, ammonio, nitrato, solfato e levoglucosano. Quest'ultimo, pur non avendo una grande importanza in termini di massa, risulta estremamente interessante per la sua proprietà di essere un tracciante della combustione della legna.

Le misure provengono da quattro stazioni di monitoraggio gestite da Arpae, posizionate in quattro località della regione che ne vogliono rappresentare le diverse tipologie di *background* urbano: Bologna (via Gobetti), Parma (Cittadella) - area occidentale e Rimini (Marecchia) - area orientale/costiera. A questi tre si aggiunge Molinella (BO) come area rurale.



Stazioni di monitoraggio considerate

1. Le specie chimiche in studio

1.1. Le specie chimiche

Le specie chimiche che sono studiate nel presente report sono le seguenti:

Carbonio organico (OC): con questo termine si intende la quantità di carbonio presente nel PM che concorre a formare le cosiddette specie organiche legandosi chimicamente con altri atomi di carbonio o di idrogeno, ossigeno, zolfo, azoto, fosforo, cloro o altro. È l'insieme di sostanze primarie, emesse direttamente sia da sorgenti antropiche che naturali, e di sostanze secondarie, cioè formatasi in atmosfera per ossidazione, condensazione o, più in generale, trasformazione di composti pre-esistenti o precursori gassosi.

Carbonio elementare (EC): può essere definito come una sostanza contenente solo atomi di carbonio, non legati ad altri elementi (soot, fuliggine): è essenzialmente un inquinante primario, emesso cioè direttamente dalla sorgente tal quale, come conseguenza di una combustione incompleta (indipendentemente dal combustibile che può essere biomassa o fossile o altro).

Ammonio (NH₄⁺): è uno ione di carica positiva. È un inquinante secondario, che si genera quindi in atmosfera a seguito della trasformazione chimica di un inquinante primario gassoso, principalmente l'ammoniaca (NH₃), che deriva in massima parte dalle attività agricole e zootecniche.

Solfato (SO₄²⁻): è uno ione con carica negativa generalmente diffuso omogeneamente nello spazio e nelle stagioni, infatti è spesso considerato legato a un fondo sovraregionale. Questo inquinante può avere origine sia naturale che antropica. Le fonti naturali sono principalmente le eruzioni vulcaniche e il mare, mentre l'origine antropica deriva dalla combustione negli impianti domestici oppure nelle centrali termoelettriche.

Nitrato (NO₃⁻): è uno ione con carica negativa. È un inquinante secondario, prodotto in atmosfera dagli ossidi di azoto (NO, NO₂, altro) che vengono emessi da sorgenti antropiche soprattutto legate a processi di combustione (ad es. traffico, combustione di legna, riscaldamento domestico, industria). È tra i più importanti componenti secondari che caratterizzano il PM_{2,5} in inverno.

Levogluosano: è un anidro-zucchero, cioè uno zucchero che ha perso una molecola d'acqua e deriva dalla combustione incompleta della cellulosa che costituisce la legna. Il suo interesse deriva dal fatto che viene emesso praticamente solo dalla combustione di legna e pertanto ne costituisce un tracciante esclusivo (detto anche "marker"). La combustione di legna produce inquinanti diversi, sia come gas sia come particolato, il levogluosano è solo un particolare componente minoritario emesso dalla legna: il suo peso in massa non è dunque di per sé indicativo dell'inquinamento prodotto da questa sorgente emissiva, ma ci permette di riconoscerne l'andamento del tempo e nello spazio. Per poter quantificare l'apporto complessivo della combustione della legna alla massa del PM servono studi *ad hoc*.

1.2. Note metodologiche nei calcoli

- Per gli inquinanti sopra descritti, è importante sottolineare che nella trattazione di questo report i campioni che descrivono la stazione Arpae situata a Bologna (via Gobetti) sono analizzati quotidianamente. I campioni che descrivono invece le altre tre stazioni (Molinella, Parma, Rimini) vengono analizzati circa un giorno su tre.
- La ricostruzione della massa del PM_{2.5} in base alla concentrazione delle specie riportate nel capitolo precedente non porta a un valore del 100%: rimane infatti una frazione non determinata la cui importanza può variare mediamente dal 10% al 30% della massa del PM_{2.5}. Essa contiene sostanzialmente ossigeno ed idrogeno che non vengono misurati nelle analisi e che possono essere legati ai metalli (come ossidi che possono comporre il materiale crostale), al carbonio organico (per formare le specie organiche molto numerose e varie nel PM) o possono reagire tra loro per formare l'acqua.
- Al fine del calcolo delle medie, nei giorni in cui le specie analizzate avevano concentrazioni inferiori al limite di certificazione del laboratorio sono state approssimate essere pari a metà di suddetto limite.

I valori degli inquinanti riportati in questo report sono medie semestrali, calcolate cioè nel periodo dei sei mesi autunno-invernali, caratterizzati solitamente dai valori più alti misurati durante l'anno. Non è perciò possibile confrontare tali valori con le richieste della normativa, che impongono dei limiti da calcolarsi come medie annuali.

2. Le specie chimiche nel PM_{2.5} a Bologna

2.1. Il PM_{2.5} nei sei mesi e i dati disponibili della composizione chimica

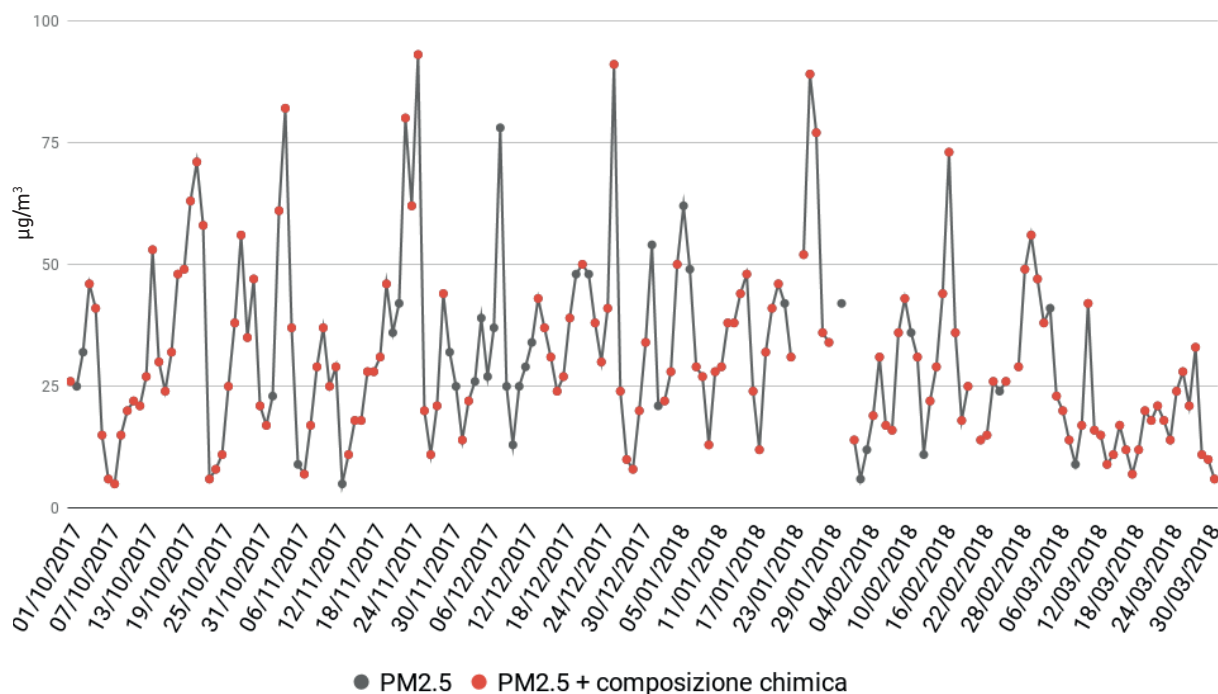
I dati analizzati provengono dai calcoli relativi ai campioni di PM_{2.5} disponibili: infatti non per tutti i giorni in cui è disponibile il valore del PM_{2.5} ne è stata analizzata la composizione chimica.

Pertanto, le medie e i vari calcoli matematici sono stati realizzati tenendo conto dei soli dati in cui erano disponibili i risultati delle analisi chimiche del PM_{2.5}.

Nel grafico di seguito è rappresentato l'andamento del PM_{2.5} giornaliero nei 6 mesi nella stazione di Bologna Gobetti (pallini in grigio). In rosso sono visualizzati i giorni nei quali è stata anche effettuata l'analisi della composizione chimica.

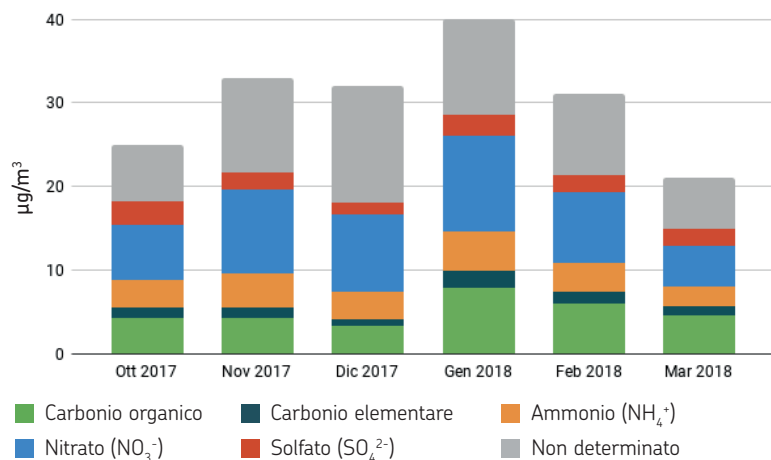
I giorni in cui sono state eseguite le analisi in laboratorio della composizione chimica sono stati scelti precedentemente al campionamento, per poter rappresentare in modo omogeneo i giorni della settimana e l'alternanza dei giorni feriali e festivi (a meno di malfunzionamenti strumentali).

PM_{2.5} nella stazione Bologna Gobetti, ottobre 2017-marzo 2018

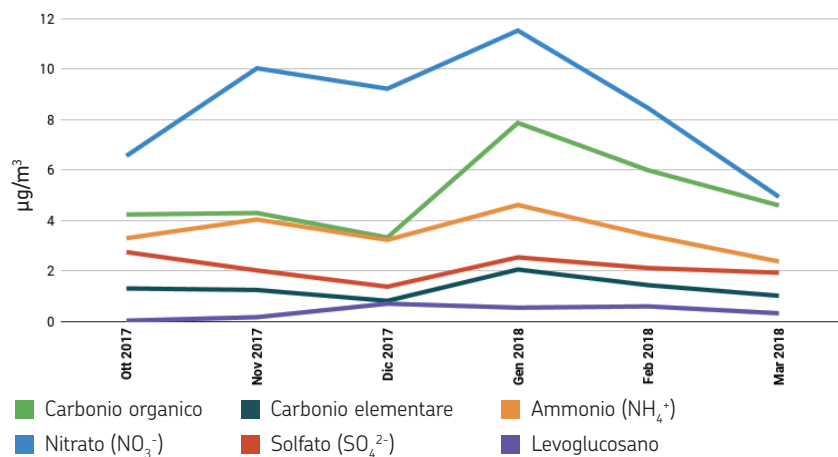


2.2. Gli andamenti nei sei mesi a Bologna

Andamento delle specie in esame nella stazione Bologna Gobetti, ottobre 2017-marzo 2018

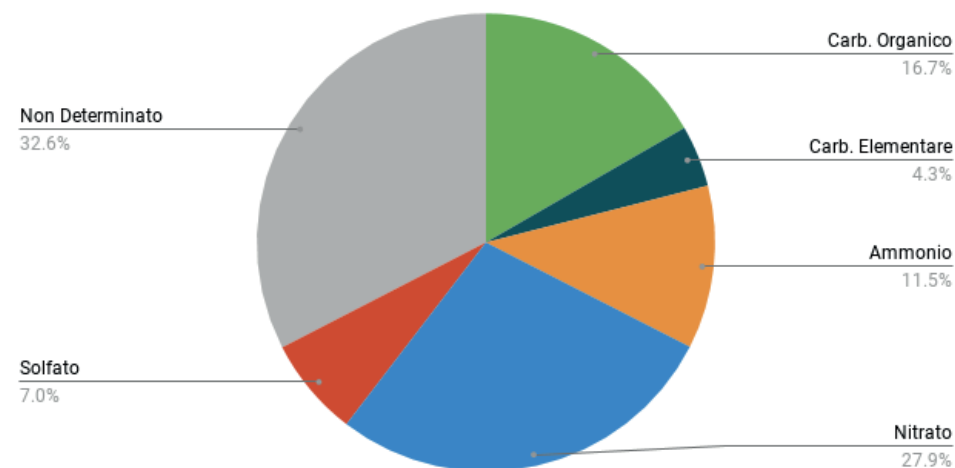


Andamento delle specie in esame nella stazione Bologna Gobetti, ottobre 2017-marzo 2018



2.3. Apporto percentuale delle principali specie chimiche al PM_{2.5}

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM_{2.5} nella stazione Bologna Gobetti, ottobre 2017-marzo 2018



2.4. Il levoglucosano nei sei mesi a Bologna (e confronto con anni precedenti)

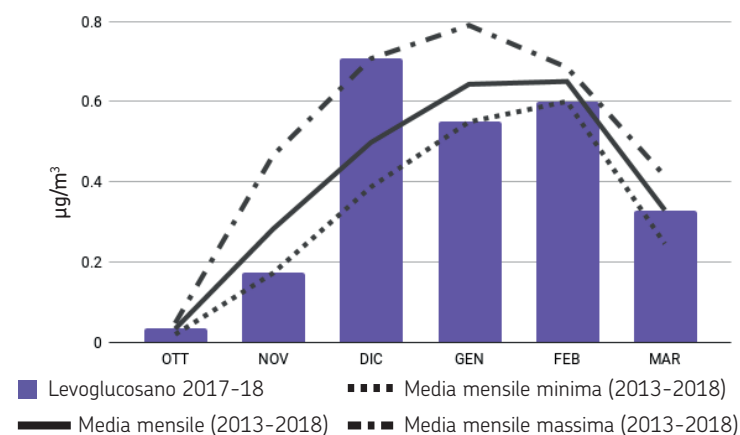
Il grafico visualizzato di seguito presenta un confronto fra i dati dell'inquinante rilevati nei mesi di autunno-inverno 2017-18 e i dati mensili degli anni compresi fra il 2013 e il 2018.

In particolare sono visualizzati:

- con gli istogrammi colorati, il dato dell'inquinante dell'inverno 2017-2018;
- con la linea "punto-trattino", la "Media mensile massima", cioè il valore massimo fra le medie calcolate per quel mese, nel periodo temporale dal 2013 al 2018;
- con la linea punteggiata la "Media mensile minima", cioè il valore minimo fra le medie calcolate per quel mese, nel periodo temporale dal 2013 al 2018;
- con la linea continua, la "Media mensile", cioè il valore medio del mese calcolato nel periodo temporale dal 2013 al 2018.

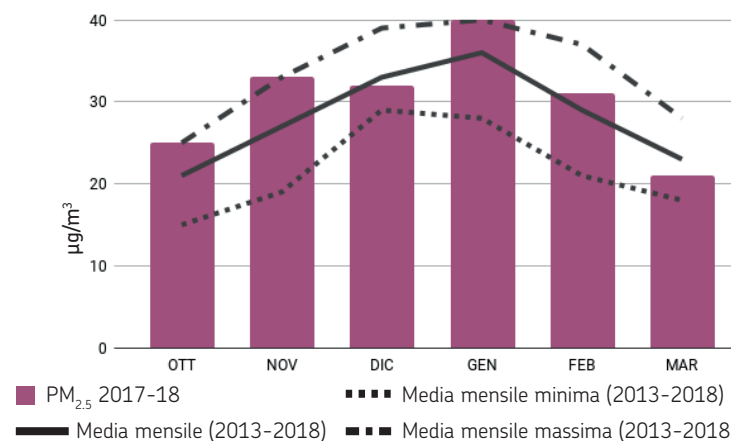
Come spiegato nel paragrafo 1.1., questo inquinante è interessante perché deriva esclusivamente dalla combustione della legna: pertanto fornisce indicazioni sul quantitativo di PM_{2.5} emesso da questa sorgente.

Levoglucosano nella stazione Bologna Gobetti, ottobre 2017-marzo 2018



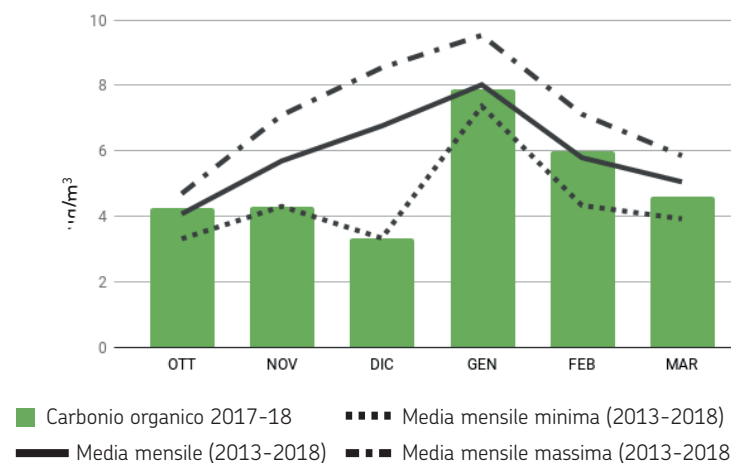
2.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie dei semestri autunno-inverno precedenti

PM_{2.5}
PM_{2.5} stazione Bologna Gobetti, ottobre 2017-marzo 2018

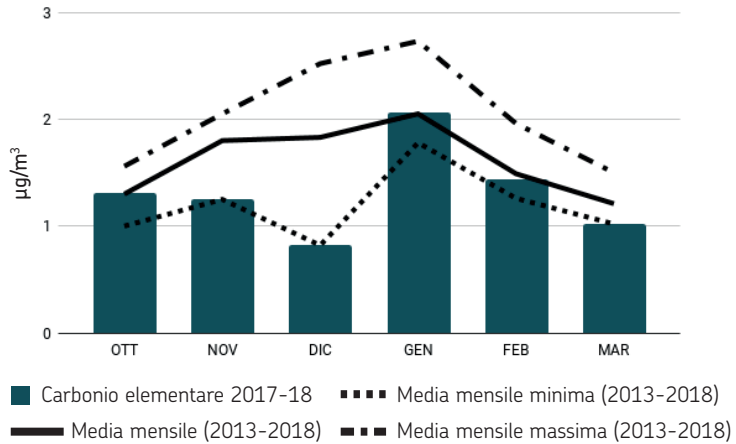


Carbonio

Carbonio organico, stazione Bologna Gobetti, ottobre 2017-marzo 2018

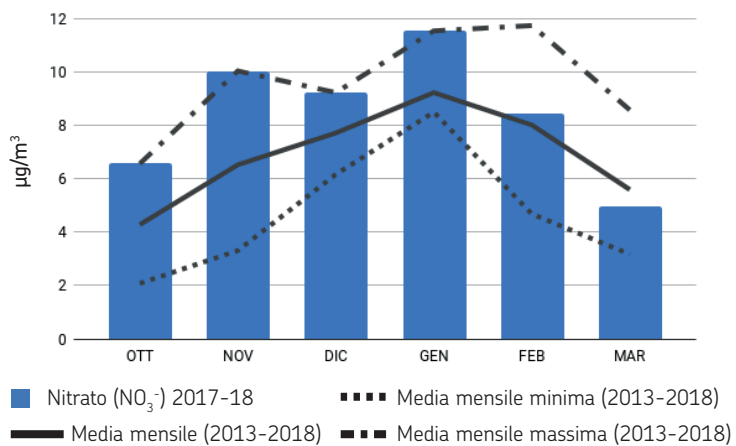


Carbonio elementare, stazione Bologna Gobetti, ottobre 2017-marzo 2018

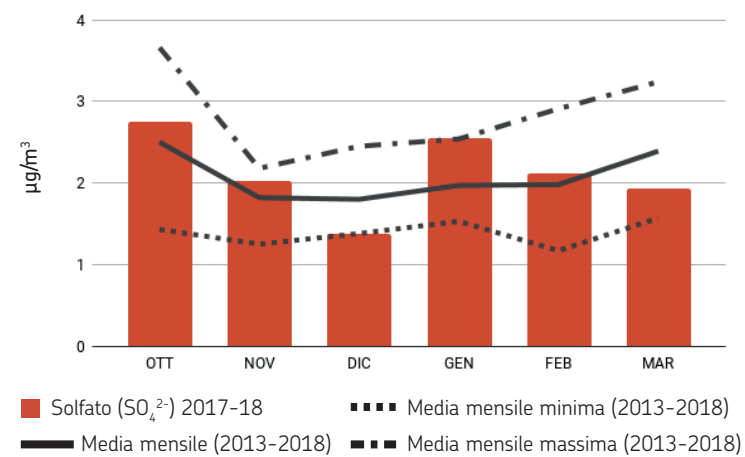


Ioni

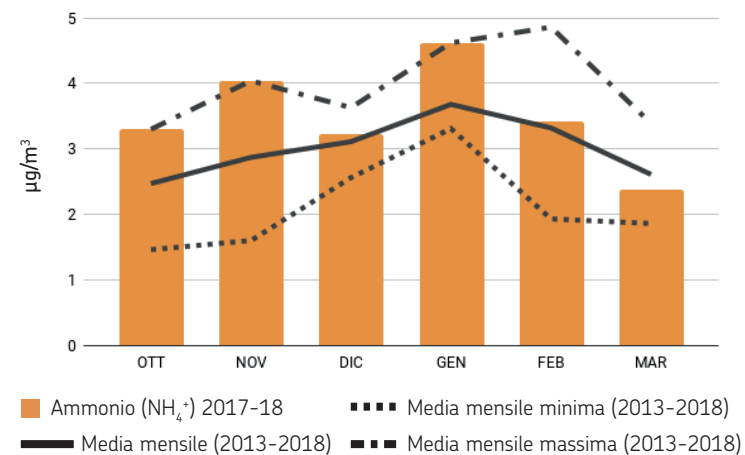
Nitrato, stazione Bologna Gobetti, ottobre 2017-marzo 2018



Solfato, stazione Bologna Gobetti, ottobre 2017-marzo 2018



Ammonio, stazione Bologna Gobetti, ottobre 2017-marzo 2018



3. Le specie chimiche nel PM_{2.5} a Parma

3.1. Il PM_{2.5} nei sei mesi e i dati disponibili della composizione chimica

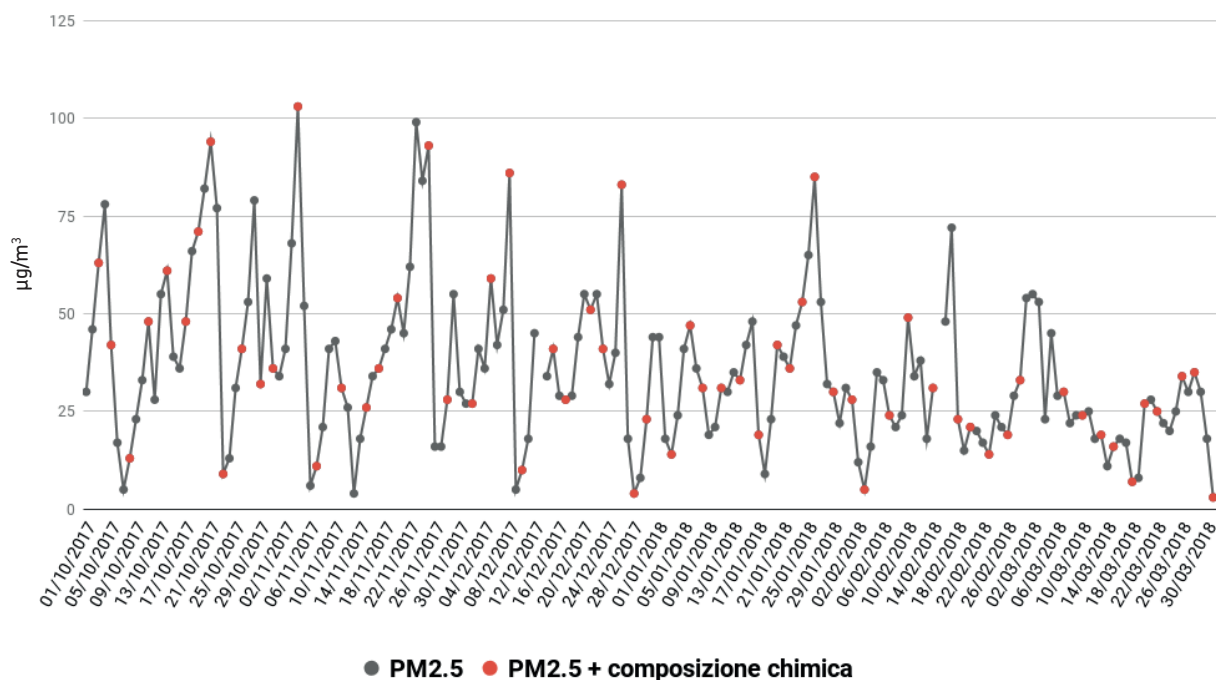
I dati analizzati provengono dai calcoli relativi ai campioni di PM_{2.5} disponibili: infatti non per tutti i giorni in cui è disponibile il valore del PM_{2.5} ne è stata analizzata la composizione chimica.

Pertanto le medie e i vari calcoli matematici sono stati realizzati tenendo conto dei soli dati in cui erano disponibili i risultati delle analisi chimiche del PM_{2.5}.

Nel grafico di seguito è rappresentato l'andamento del PM_{2.5} giornaliero nei 6 mesi nella stazione di Parma Cittadella (pallini in grigio). In rosso sono visualizzati i giorni nei quali è stata anche effettuata l'analisi della composizione chimica.

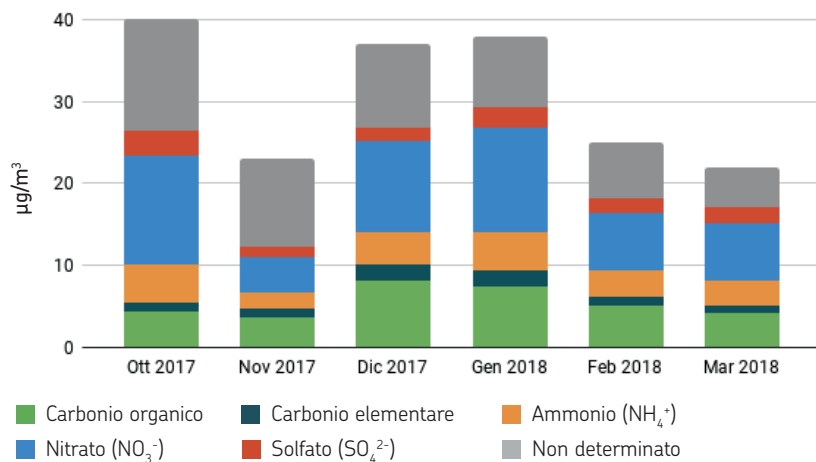
I giorni in cui sono state eseguite le analisi in laboratorio della composizione chimica sono stati scelti precedentemente al campionamento, per poter rappresentare in modo omogeneo i giorni della settimana e l'alternanza dei giorni feriali e festivi (a meno di malfunzionamenti strumentali).

PM_{2.5} nella stazione Parma Cittadella, ottobre 2017-marzo 2018

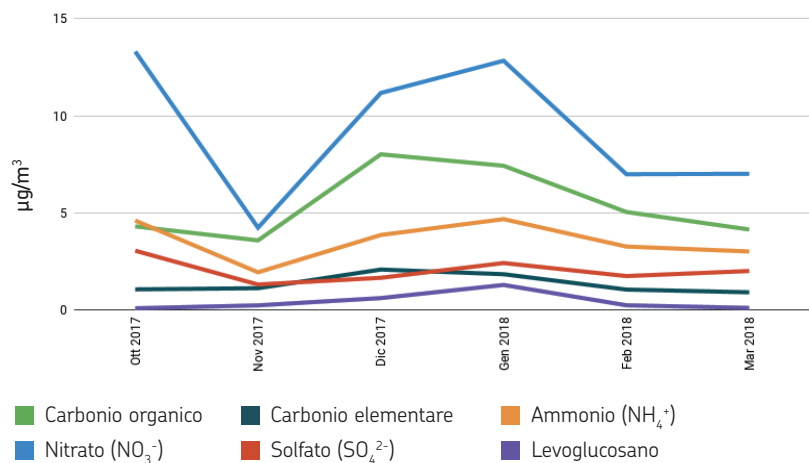


3.2. Gli andamenti nei sei mesi a Parma

Andamento delle specie in esame nella stazione Parma Cittadella, ottobre 2017-marzo 2018

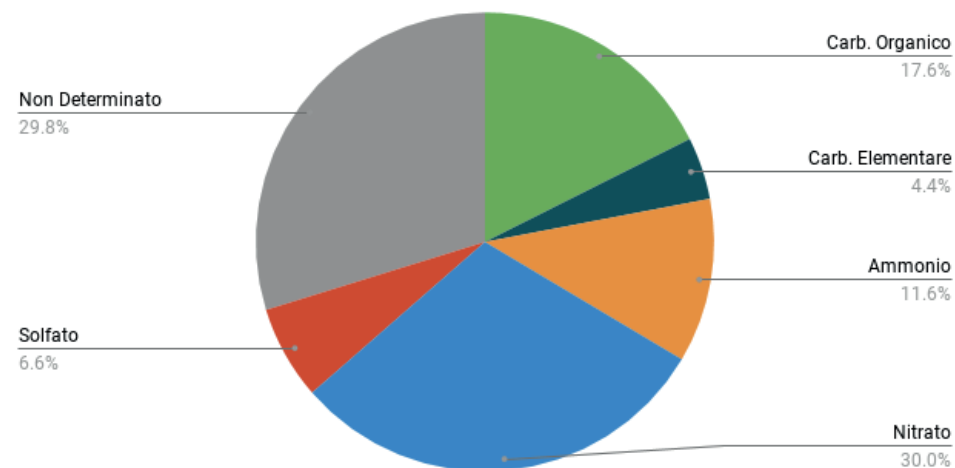


Andamento delle specie in esame nella stazione Parma Cittadella, ottobre 2017-marzo 2018



3.3. Apporto percentuale delle principali specie chimiche al PM_{2.5}

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM_{2.5} nella stazione Parma Cittadella, ottobre 2017-marzo 2018



3.4. Il levoglucosano nei sei mesi a Parma (e confronto con anni precedenti)

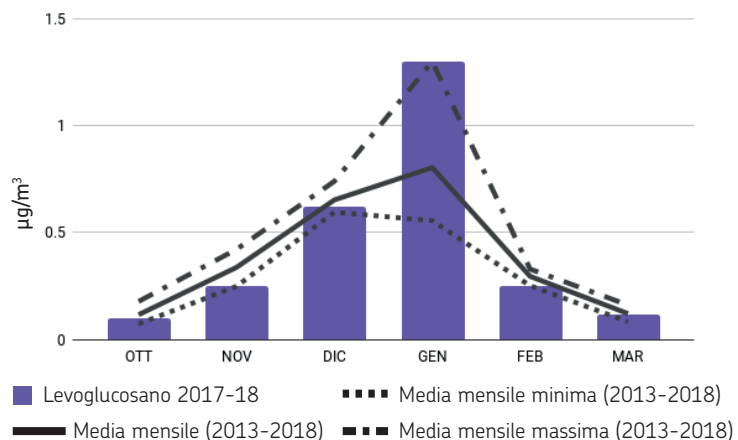
Il grafico visualizzato di seguito presenta un confronto fra i dati dell'inquinante rilevati nei mesi di autunno-inverno 2017-18 e i dati mensili degli anni compresi fra il 2013 e il 2018.

In particolare sono visualizzati:

- con gli istogrammi colorati, il dato dell'inquinante dell'inverno 2017-2018;
- con la linea "punto-trattino", la "Media mensile massima", cioè il valore massimo fra le medie calcolate per quel mese, nel periodo temporale dal 2013 al 2018;
- con la linea punteggiata la "Media mensile minima", cioè il valore minimo fra le medie calcolate per quel mese, nel periodo temporale dal 2013 al 2018;
- con la linea continua, la "Media mensile", cioè il valore medio del mese calcolato nel periodo temporale dal 2013 al 2018.

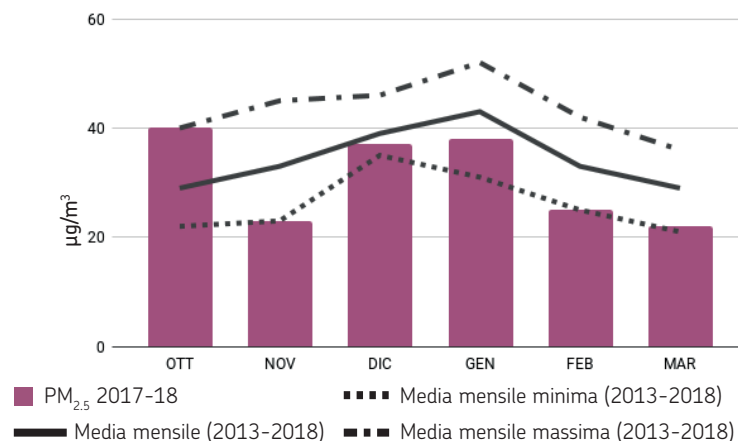
Come spiegato nel paragrafo 1.1., questo inquinante è interessante perché deriva esclusivamente dalla combustione della legna: pertanto fornisce indicazioni sul quantitativo di PM_{2.5} emesso da questa sorgente.

Levoglucosano nella stazione Parma Cittadella, ottobre 2017-marzo 2018



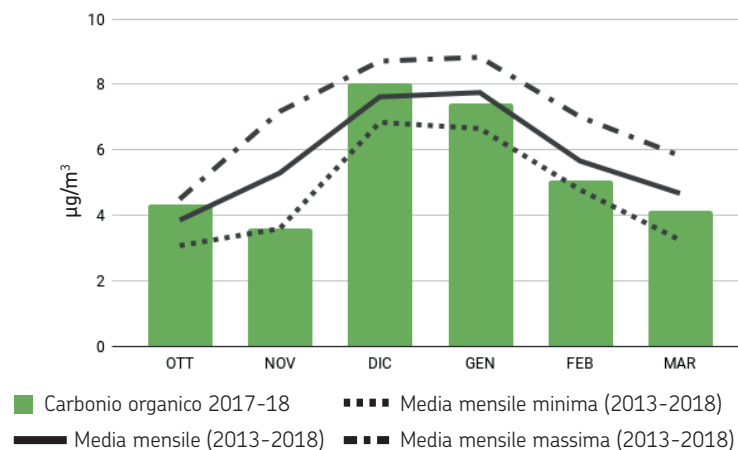
3.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie dei semestri autunno-inverno precedenti

PM_{2.5}
PM_{2.5} stazione Parma Cittadella, ottobre 2017-marzo 2018

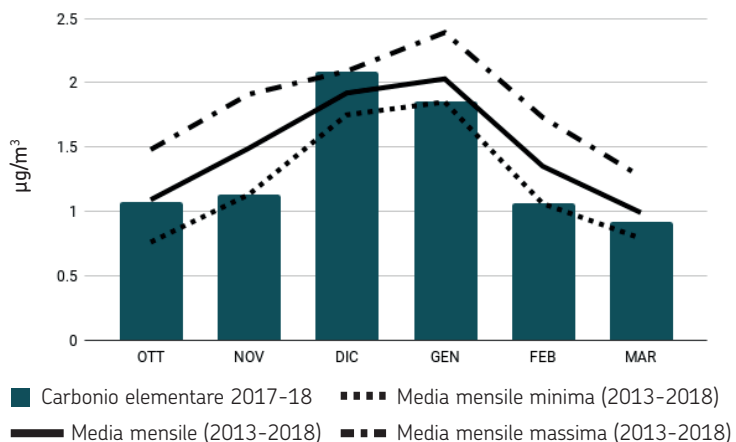


Carbonio

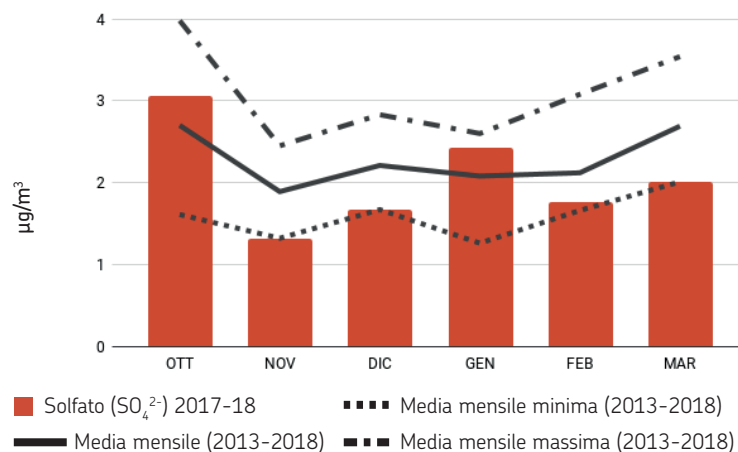
Carbonio organico, stazione Parma Cittadella, ottobre 2017-marzo 2018



Carbonio elementare, stazione Parma Cittadella, ottobre 2017-marzo 2018

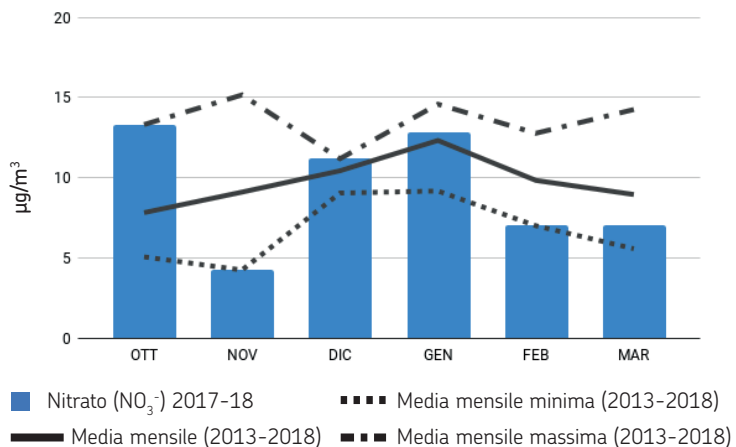


Solfato, stazione Parma Cittadella, ottobre 2017-marzo 2018

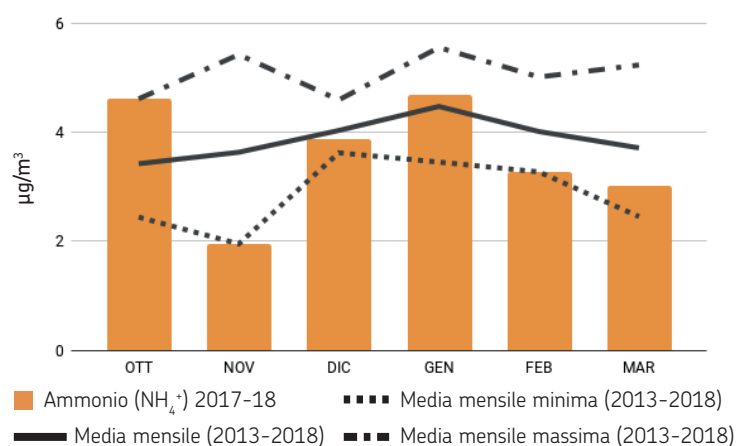


Ioni

Nitrato, stazione Parma Cittadella, ottobre 2017-marzo 2018



Ammonio, stazione Parma Cittadella, ottobre 2017-marzo 2018



4. Le specie chimiche nel PM_{2.5} a Rimini

4.1. Il PM_{2.5} nei sei mesi e i dati disponibili della composizione chimica

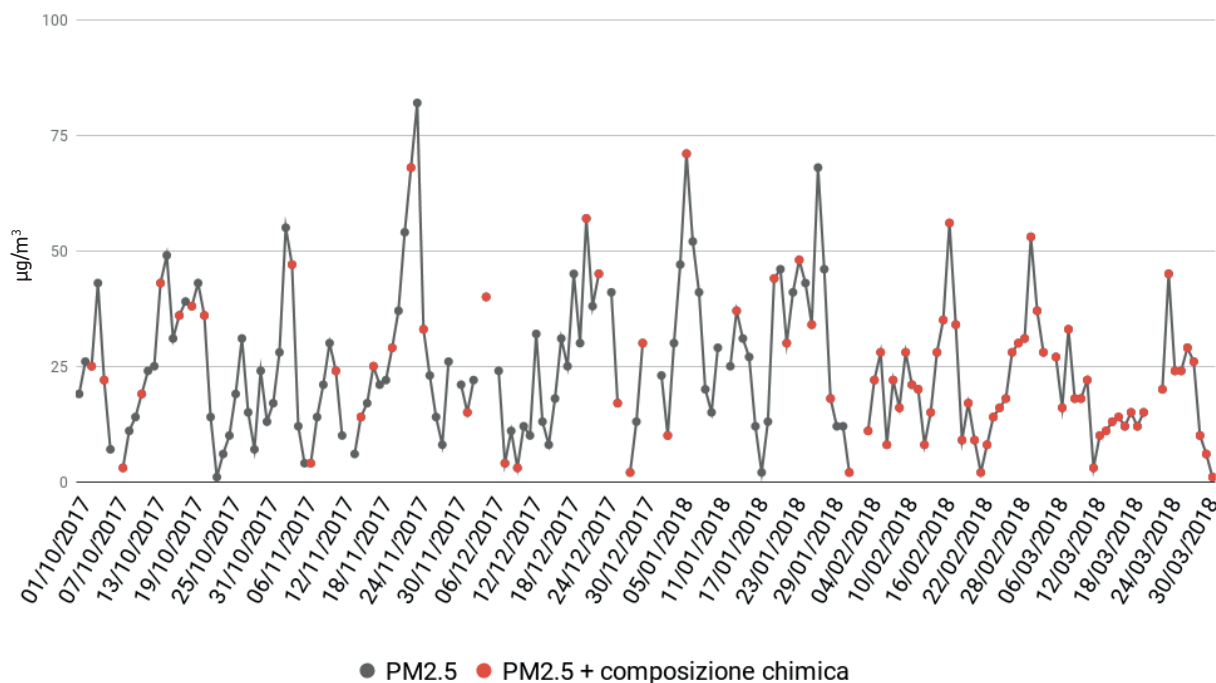
I dati analizzati provengono dai calcoli relativi ai campioni di PM_{2.5} disponibili: infatti non per tutti i giorni in cui è disponibile il valore del PM_{2.5} ne è stata analizzata la composizione chimica.

Pertanto le medie e i vari calcoli matematici sono stati realizzati tenendo conto dei soli dati in cui erano disponibili i risultati delle analisi chimiche del PM_{2.5}.

Nel grafico di seguito è rappresentato l'andamento del PM_{2.5} giornaliero nei 6 mesi nella stazione di Rimini Marecchia (pallini in grigio). In rosso sono visualizzati i giorni nei quali è stata anche effettuata l'analisi della composizione chimica.

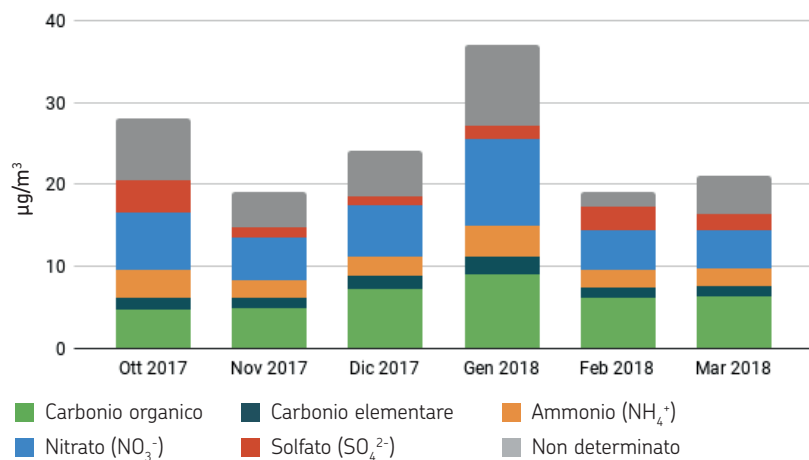
I giorni in cui sono state eseguite le analisi in laboratorio della composizione chimica sono stati scelti precedentemente al campionamento, per poter rappresentare in modo omogeneo i giorni della settimana e l'alternanza dei giorni feriali e festivi (a meno di malfunzionamenti strumentali).

PM_{2.5} nella stazione Rimini Marecchia, ottobre 2017-marzo 2018

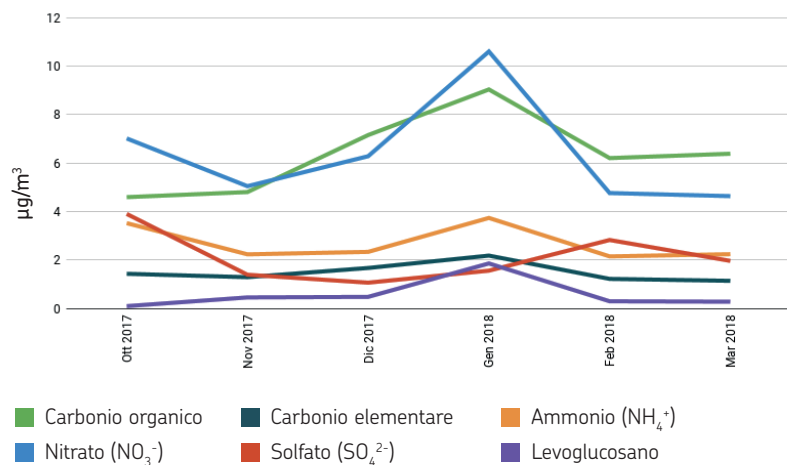


4.2. Gli andamenti nei sei mesi a Rimini

Andamento delle specie in esame nella stazione Rimini Marecchia, ottobre 2017-marzo 2018

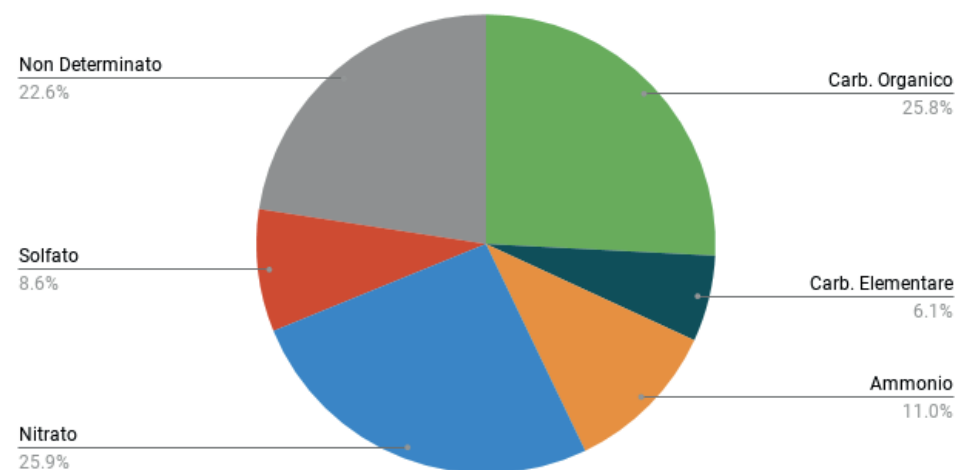


Andamento delle specie in esame nella stazione Rimini Marecchia, ottobre 2017-marzo 2018



4.3. Apporto percentuale delle principali specie chimiche al PM_{2.5}

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM_{2.5} nella stazione Rimini Marecchia, ottobre 2017-marzo 2018



4.4. Il levoglucosano nei sei mesi a Rimini (e confronto con anni precedenti)

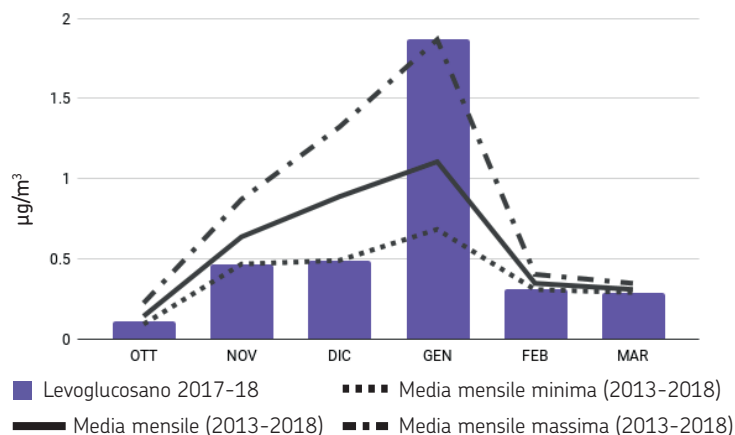
Il grafico visualizzato di seguito presenta un confronto fra i dati dell'inquinante rilevati nei mesi di autunno-inverno 2017-18 e i dati mensili degli anni compresi fra il 2013 e il 2018.

In particolare sono visualizzati:

- con gli istogrammi colorati, il dato dell'inquinante dell'inverno 2017-2018;
- con la linea "punto-trattino", la "Media mensile massima", cioè il valore massimo fra le medie calcolate per quel mese, nel periodo temporale dal 2013 al 2018;
- con la linea punteggiata la "Media mensile minima", cioè il valore minimo fra le medie calcolate per quel mese, nel periodo temporale dal 2013 al 2018;
- con la linea continua, la "Media mensile", cioè il valore medio del mese calcolato nel periodo temporale dal 2013 al 2018.

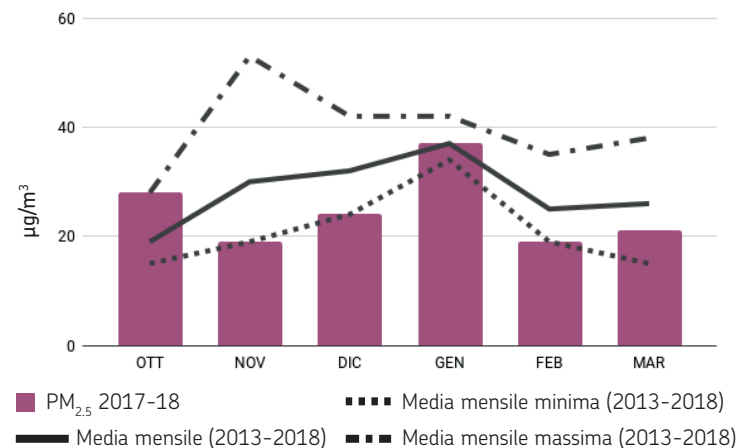
Come spiegato nel paragrafo 1.1., questo inquinante è interessante perché deriva esclusivamente dalla combustione della legna: pertanto fornisce indicazioni sul quantitativo di PM_{2.5} emesso da questa sorgente.

Levoglucosano nella stazione Rimini Marecchia, ottobre 2017-marzo 2018



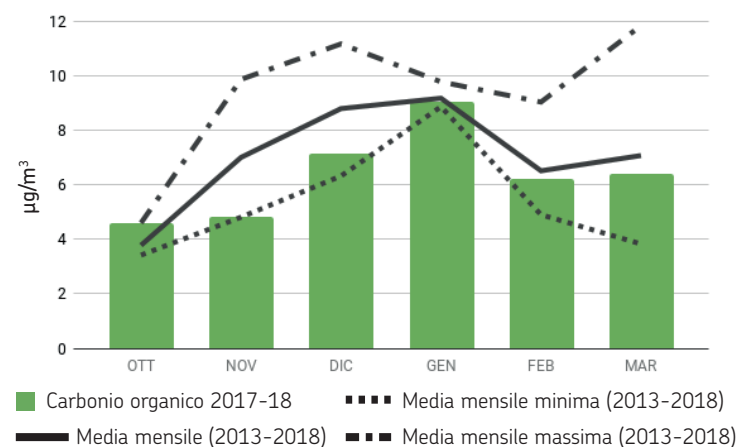
4.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie dei semestri autunno-inverno precedenti

PM_{2.5}
PM_{2.5} stazione Rimini Marecchia, ottobre 2017-marzo 2018

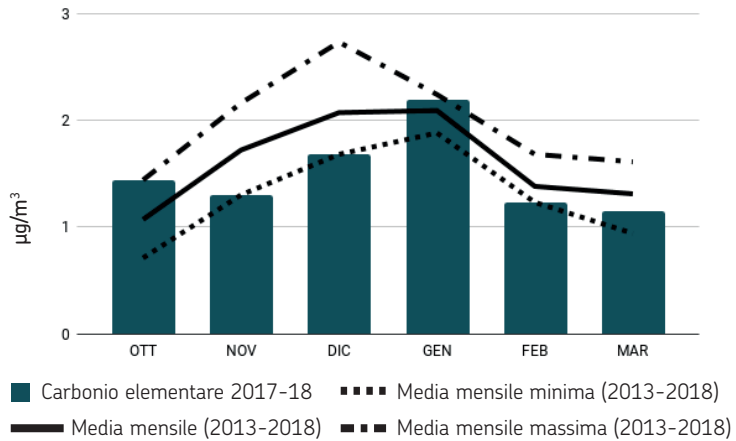


Carbonio

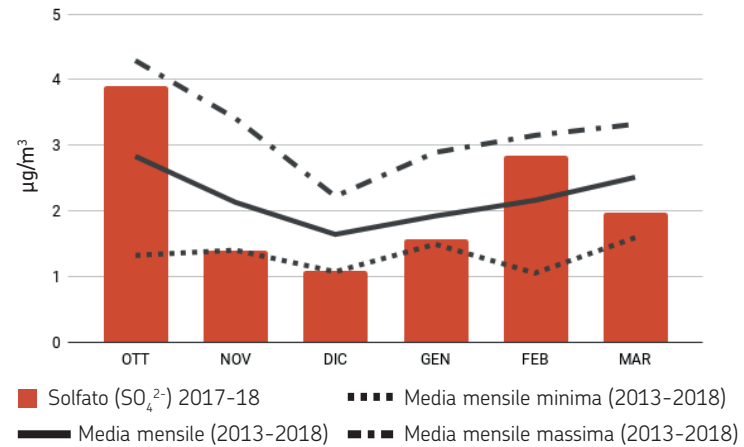
Carbonio organico, stazione Rimini Marecchia, ottobre 2017-marzo 2018



Carbonio elementare, stazione Rimini Marecchia, ottobre 2017-marzo 2018

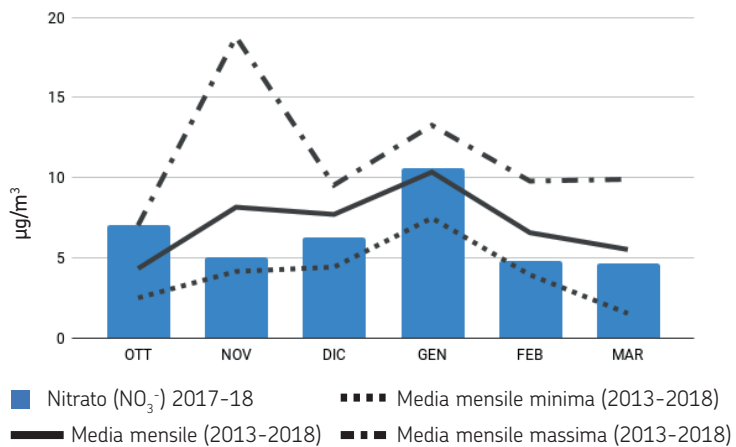


Solfato, stazione Rimini Marecchia, ottobre 2017-marzo 2018

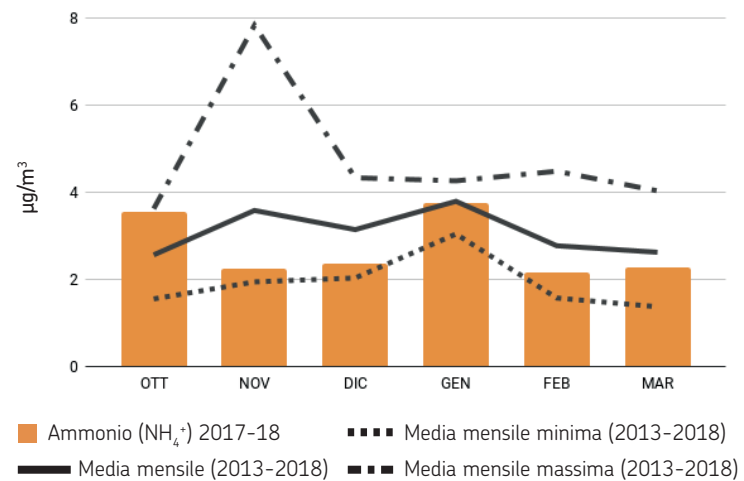


Ioni

Nitrato, stazione Rimini Marecchia, ottobre 2017-marzo 2018



Ammonio, stazione Rimini Marecchia, ottobre 2017-marzo 2018



5. Le specie chimiche nel PM_{2.5} a Molinella (BO)

5.1. Il PM_{2.5} nei sei mesi e i dati disponibili della composizione chimica

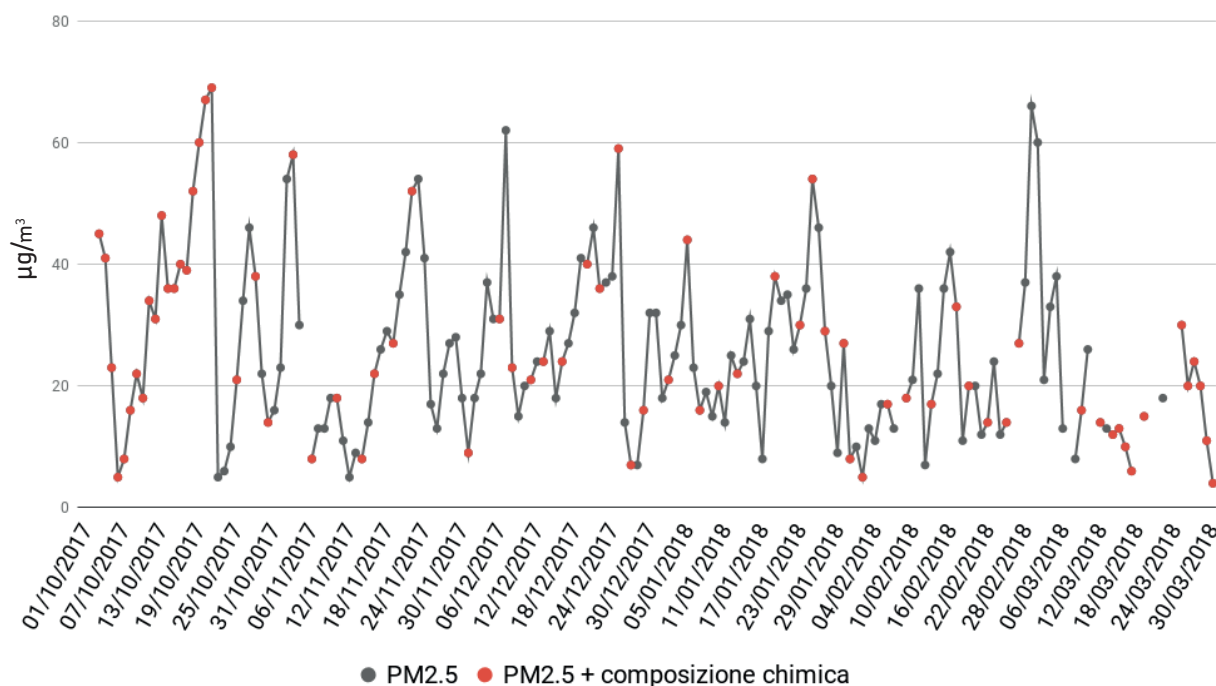
I dati analizzati provengono dai calcoli relativi ai campioni di PM_{2.5} disponibili: infatti non per tutti i giorni in cui è disponibile il valore del PM_{2.5} ne è stata analizzata la composizione chimica.

Pertanto le medie e i vari calcoli matematici sono stati realizzati tenendo conto dei soli dati in cui erano disponibili i risultati delle analisi chimiche del PM_{2.5}.

Nel grafico di seguito è rappresentato l'andamento del PM_{2.5} giornaliero nei 6 mesi nella stazione di Molinella - San Pietro Capofiume (pallini in grigio). In rosso sono visualizzati i giorni nei quali è stata anche effettuata l'analisi della composizione chimica.

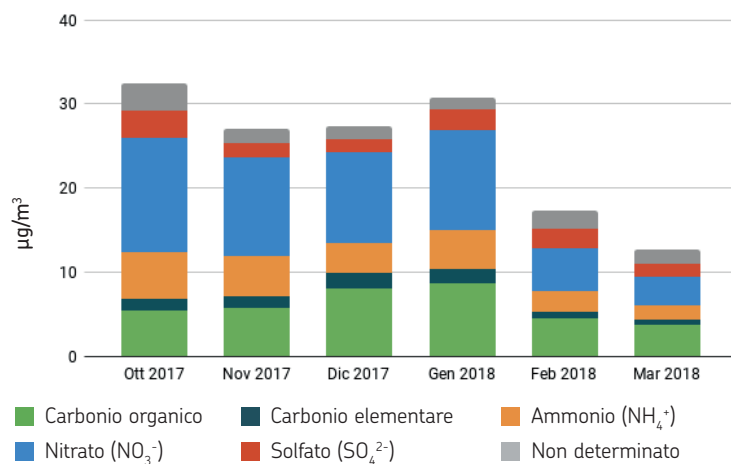
I giorni in cui sono state eseguite le analisi in laboratorio della composizione chimica sono stati scelti precedentemente al campionamento, per poter rappresentare in modo omogeneo i giorni della settimana e l'alternanza dei giorni feriali e festivi (a meno di malfunzionamenti strumentali).

PM_{2.5} nella stazione Molinella - San Pietro Capofiume, ottobre 2017-marzo 2018

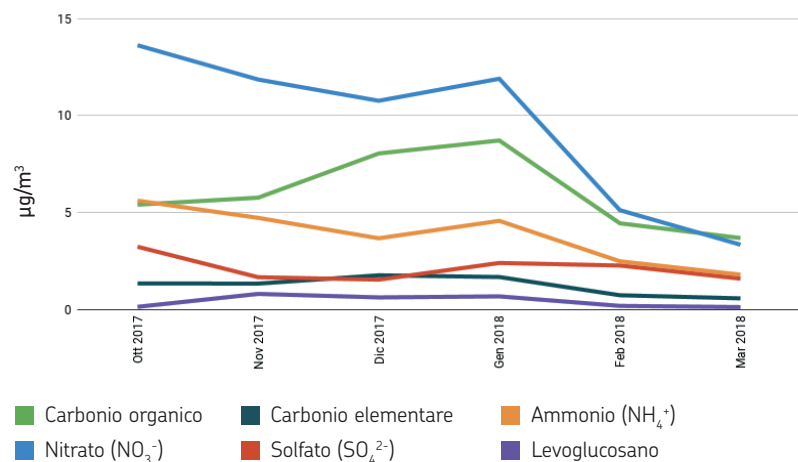


5.2. Gli andamenti nei sei mesi a Molinella

Andamento delle specie in esame nella stazione Molinella - San Pietro Capofiume, ottobre 2017-marzo 2018

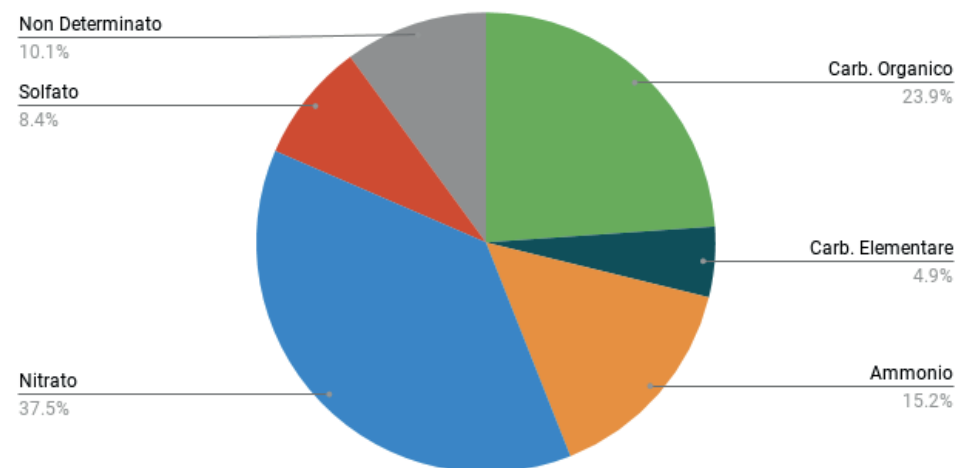


Andamento delle specie in esame nella stazione Molinella - San Pietro Capofiume, ottobre 2017-marzo 2018



5.3. Apporto percentuale delle principali specie chimiche al PM_{2.5}

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM_{2.5} nella stazione Molinella - San Pietro Capofiume, ottobre 2017-marzo 2018



5.4. Il levoglucosano nei sei mesi a Molinella (e confronto con anni precedenti)

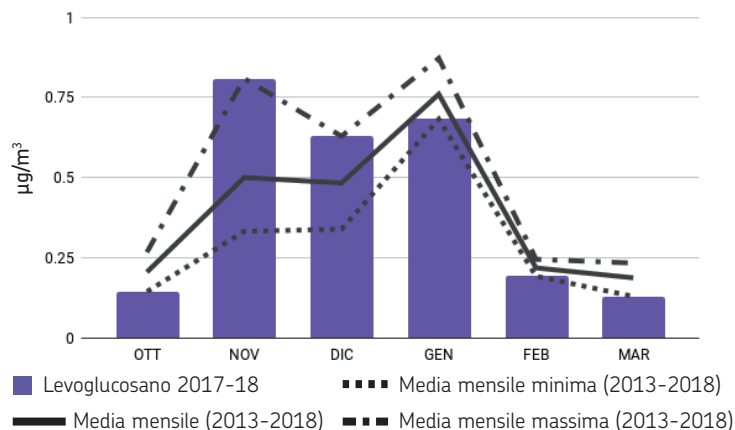
Il grafico visualizzato di seguito presenta un confronto fra i dati dell'inquinante rilevati nei mesi di autunno-inverno 2017-18 e i dati mensili degli anni compresi fra il 2013 e il 2018.

In particolare sono visualizzati:

- con gli istogrammi colorati, il dato dell'inquinante dell'inverno 2017-2018;
- con la linea "punto-trattino", la "Media mensile massima", cioè il valore massimo fra le medie calcolate per quel mese, nel periodo temporale dal 2013 al 2018;
- con la linea punteggiata la "Media mensile minima", cioè il valore minimo fra le medie calcolate per quel mese, nel periodo temporale dal 2013 al 2018;
- con la linea continua, la "Media mensile", cioè il valore medio del mese calcolato nel periodo temporale dal 2013 al 2018.

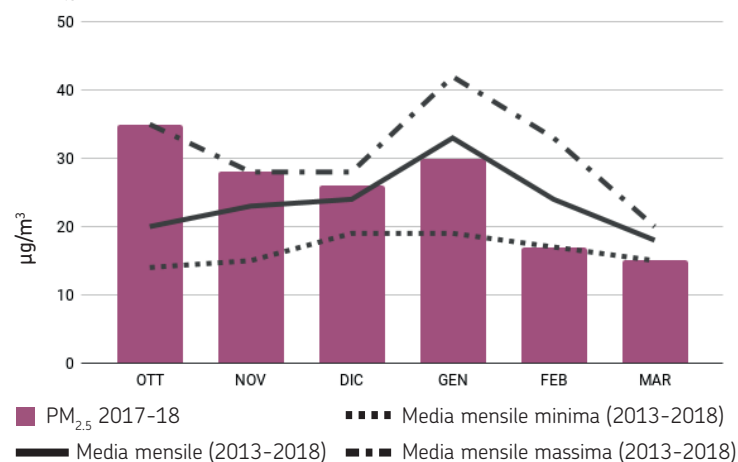
Come spiegato nel paragrafo 1.1., questo inquinante è interessante perché deriva esclusivamente dalla combustione della legna: pertanto fornisce indicazioni sul quantitativo di PM_{2.5} emesso da questa sorgente.

Levoglucosano nella stazione Molinella - San Pietro Capofiume, ottobre 2017-marzo 2018



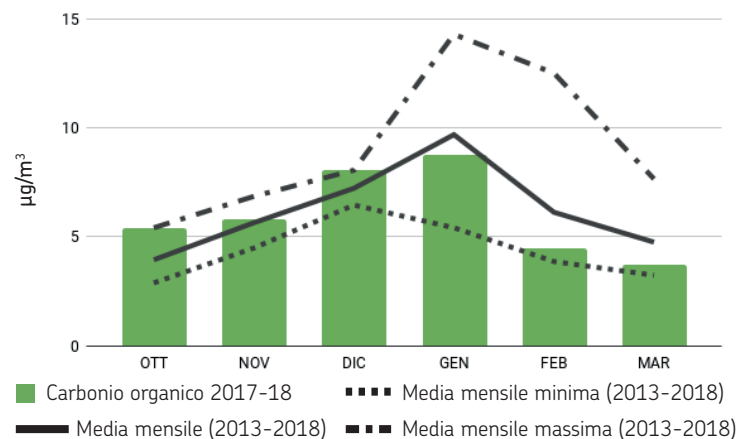
5.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie dei semestri autunno-inverno precedenti

PM_{2.5}
PM_{2.5} stazione Molinella - San Pietro Capofiume, ottobre 2017-marzo 2018

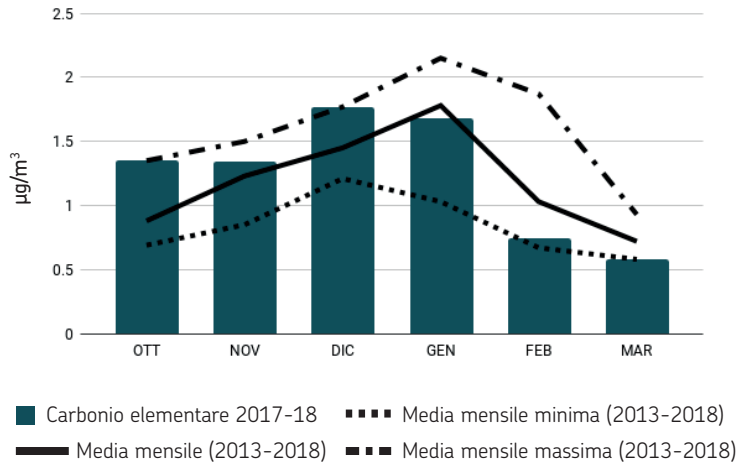


Carbonio

Carbonio organico, stazione Molinella - San Pietro Capofiume, ottobre 2017-marzo 2018

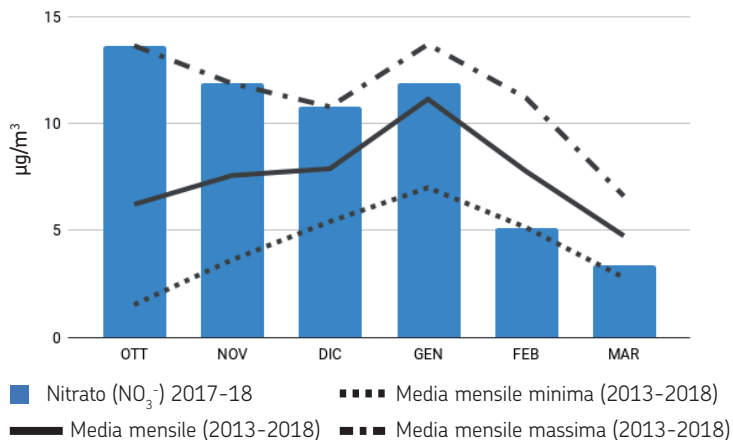


Carbonio elementare, stazione Molinella - San Pietro Capofiume, ottobre 2017-marzo 2018

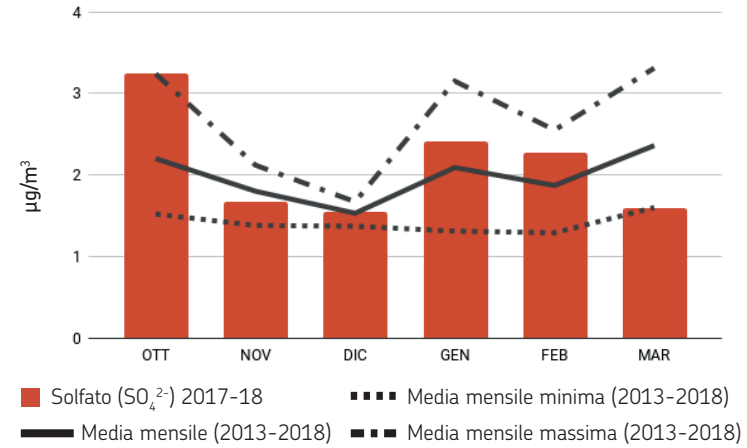


Ioni

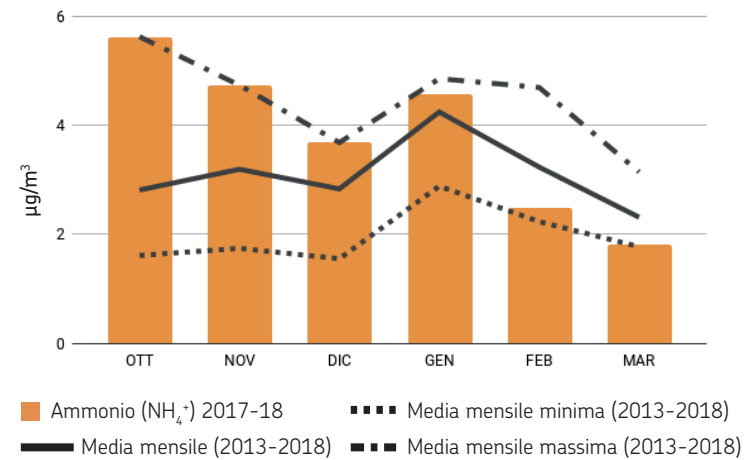
Nitrato, stazione Molinella - San Pietro Capofiume, ottobre 2017-marzo 2018



Solfato, stazione Molinella - San Pietro Capofiume, ottobre 2017-marzo 2018



Ammonio, stazione Molinella - San Pietro Capofiume, ottobre 2017-marzo 2018



6. Conclusioni

Nel semestre autunno-inverno 2017/2018 il PM_{2.5} ha mostrato concentrazioni medie del periodo di 25-30 µg/m³, in linea con quanto misurato nel quinquennio precedente (2013-2018).

Meteorologicamente l'arco temporale considerato è stato molto vario, alternando mesi siccitosi (come ottobre e gennaio) con altri fortemente piovosi (novembre e febbraio su tutti). Questo può giustificare una certa variabilità di concentrazione da un mese all'altro, ma, ad ogni modo, è sempre confermata la grande importanza degli inquinanti secondari inorganici (cioè quei composti che si generano in atmosfera), sostanze che possono costituire una parte rilevante del particolato che compone il PM_{2.5}: il nitrato, ad esempio, da solo costituisce una percentuale del PM_{2.5} compresa tra il 26% e il 38%.

La seconda frazione più rilevante in termini di massa è quella legata al carbonio organico (17-24%) che però è un insieme di molte specie diverse originatesi sia in atmosfera (secondarie) che direttamente emesse da sorgenti (primarie).

Le altre componenti principali della massa del PM_{2.5} si attestano su percentuali più contenute: l'ammonio tra l'11% e il 15%; il solfato tra il 7% e il 9%; il carbonio elementare tra il 4% e il 6%.

Infine, l'incremento della concentrazione di levoglucosano, che è un tracciante della combustione della biomassa, nei mesi centrali del periodo di studio conferma l'importanza della stessa nei mesi freddi dell'anno e quindi supporta la rilevanza del suo contributo alla formazione del particolato atmosferico.