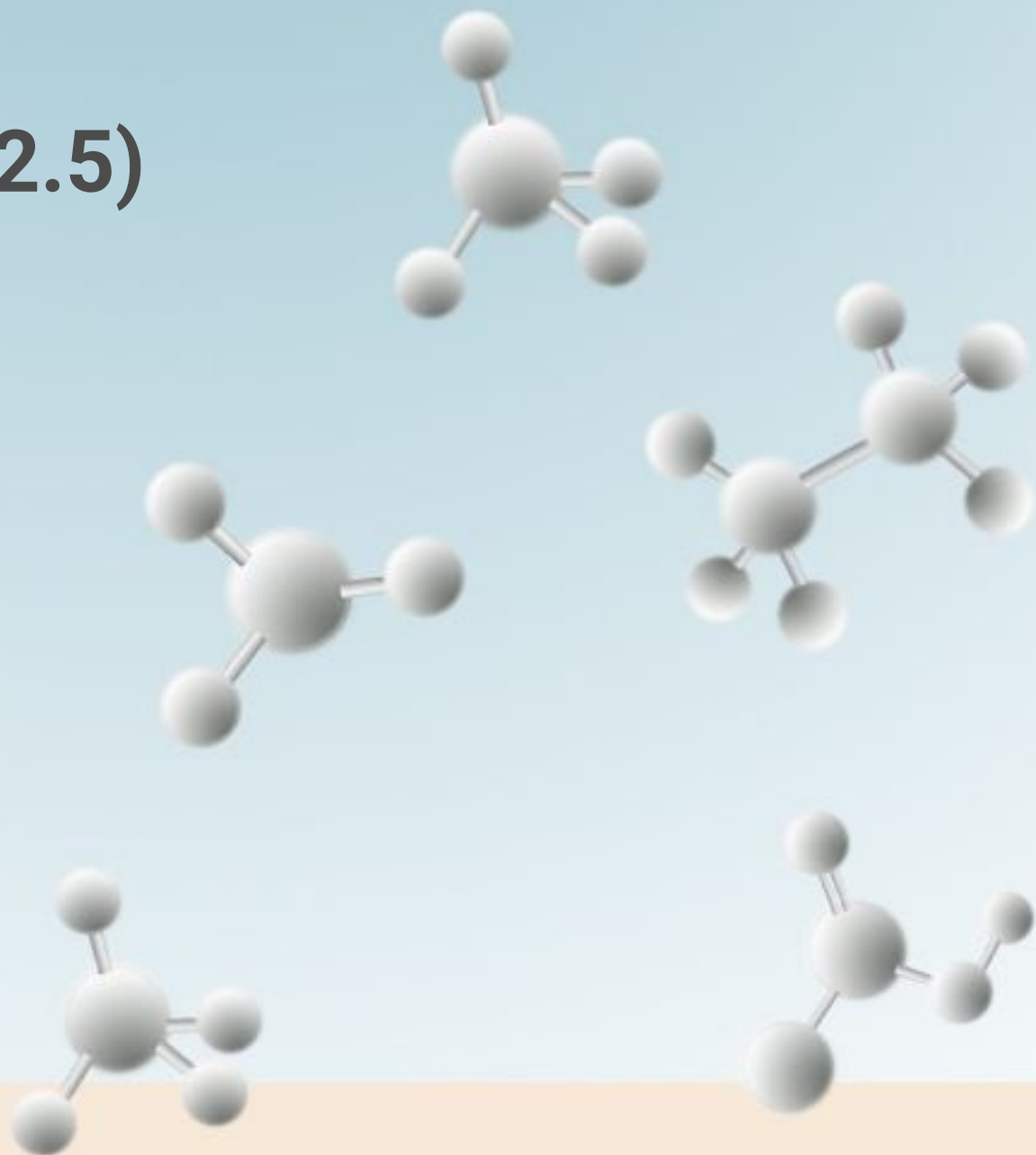


# Specie chimiche nel particolato (PM2.5) in atmosfera



# Specie chimiche nel particolato (PM2.5) in atmosfera

Anno 2021

(1 gennaio 2021 - 31 dicembre 2021)

Bologna, Parma, Rimini, Molinella (BO)

## I risultati del monitoraggio e delle analisi di laboratorio

### Gruppo di lavoro in Arpae:

**Direzione tecnica – Centro tematico regionale Qualità dell'aria:** 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:** Marco Abeti, Andrea Aldrovandi, Luca Malaguti, Marco Trepiccione, Pamela Ugolini, Cristina Volta

**Area prevenzione ambientale Est – Rimini:** Daniele Foscoli, Patrizia Luciali, Cinzia Para, Roberto Vecchione

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

**Direzione generale – Staff Comunicazione e informazione:** Stefano Folli, Maurizio Malossi

### Indice

|   |    |
|---|----|
| <b>Premessa</b>   | 3  |
| <b>La collaborazione con la NASA</b>                    | 4  |
| <b>1. Le specie chimiche in studio</b>                  | 5  |
| <b>2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna</b>        | 8  |
| <b>3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma</b>          | 18 |
| <b>4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini</b>         | 28 |
| <b>5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)</b> | 38 |
| <b>6. Discussione</b>                                   | 48 |

## Premessa

---

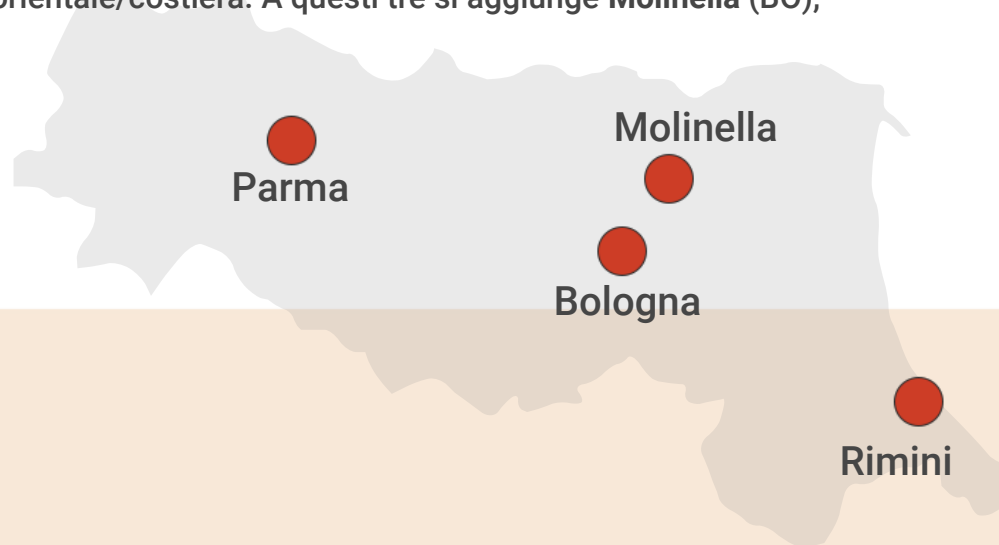
Approfondire la conoscenza delle proprietà degli inquinanti atmosferici e dei loro impatti sull'ambiente e sulla salute è uno dei compiti fondamentali dell'Agenzia regionale prevenzione, ambiente ed energia (Arpae), soprattutto considerando che i valori misurati nelle diverse stazioni di monitoraggio 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, in regione Emilia-Romagna è emerso l'interesse a indagare nel dettaglio la frazione delle polveri con diametro inferiore a  $2,5 \mu\text{m}$  (PM2.5), 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 aggiuntive rispetto alle richieste della normativa, che possono indicare da cosa è composto il particolato che conosciamo comunemente come PM2.5.

In particolare vengono riportate le concentrazioni dei principali costituenti del PM2.5: carbonio organico ed elementare, ammonio, nitrato, solfato e levoglucosano. Quest'ultimo, pur non avendo una grande importanza in termini di massa, risulta estremamente interessante in quanto è un tracciante della combustione della legna. È infatti molto raro poter studiare specie chimiche che siano traccianti specifici di una precisa sorgente perché di solito vengono prodotte da più fonti.

Le misure provengono da quattro stazioni di monitoraggio gestite da Arpae, posizionate in quattro siti che vogliono rappresentare le diverse tipologie di area della regione. Tre siti urbani: **Bologna** (via Gobetti) - area centrale e metropolitana, **Parma** (Cittadella) - area occidentale e più interna della pianura, **Rimini** (Marecchia) - area orientale/costiera. A questi tre si aggiunge **Molinella** (BO), rappresentativo dell'area rurale.



## La collaborazione con la NASA

---

Arpae Emilia-Romagna partecipa a un progetto del JPL-NASA degli Stati Uniti per studiare gli effetti sulla salute umana dell'inquinamento atmosferico prodotto da diversi tipi di particolato.

Il progetto, denominato "Maia" (Multi-Angle Imager for Aerosols - <https://maia.jpl.nasa.gov>) e attualmente in fase avanzata di sviluppo, combinerà le misurazioni satellitari delle proprietà degli aerosol atmosferici con quelle effettuate nelle stazioni poste sulla superficie terrestre delle concentrazioni di particolato (PM).

In Italia, le regioni coinvolte in questo studio scientifico sono Emilia-Romagna e Lazio. In Emilia-Romagna, Arpae collaborerà con il team di Maia fornendo le analisi chimiche che derivano dai campionamenti effettuati nei quattro siti già precedentemente descritti. I dati presentati all'interno di questa serie di report sulla "Speciazione chimica del particolato" saranno dunque gli stessi che saranno utilizzati dal team Maia del JPL-NASA per trasformare i dati del satellite in informazioni sulle concentrazioni di PM vicino alla superficie, in particolare quelle associate ai diversi costituenti chimici.

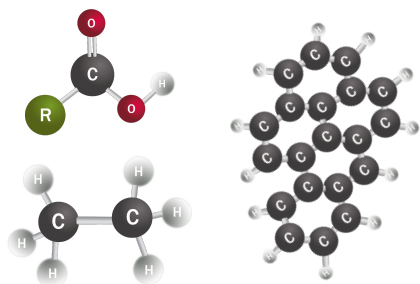
Per approfondimenti:

<https://www.arpae.it/it/notizie/aria-arpae-collabora-con-la-nasa-per-lo-studio-dell'inquinamento>



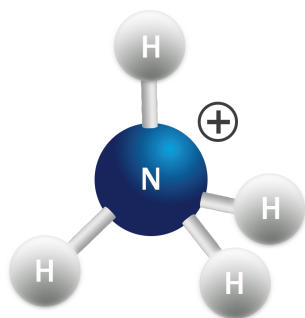
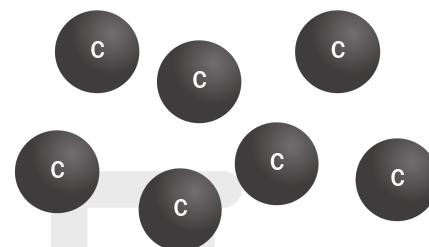
# 1. Le specie chimiche in studio

## 1.1. Le specie chimiche

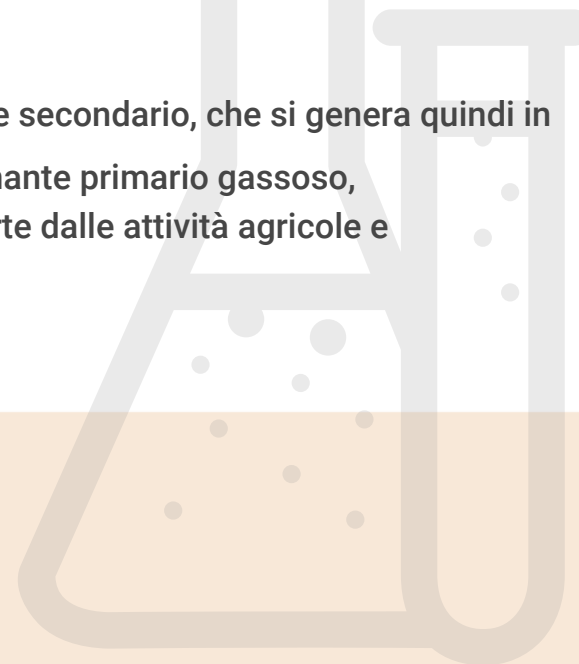


**Carbonio organico (OC):** con questo termine si intende la quantità di carbonio presente nel PM che concorre a formare le cosiddette specie organiche legandosi chimicamente con altri atomi di carbonio o di idrogeno, ossigeno, zolfo, azoto, fosforo, cloro o altro. È l'insieme di sostanze primarie, emesse direttamente sia da sorgenti antropiche che naturali, e di sostanze secondarie, cioè formatesi 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).

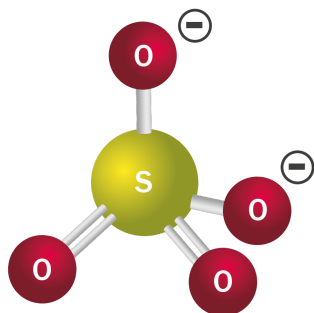


**Ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>):** è uno ione di carica positiva. È un inquinante secondario, che si genera quindi in atmosfera a seguito della trasformazione chimica di un inquinante primario gassoso, principalmente l'ammoniaca (NH<sub>3</sub>), che deriva in massima parte dalle attività agricole e zootecniche.



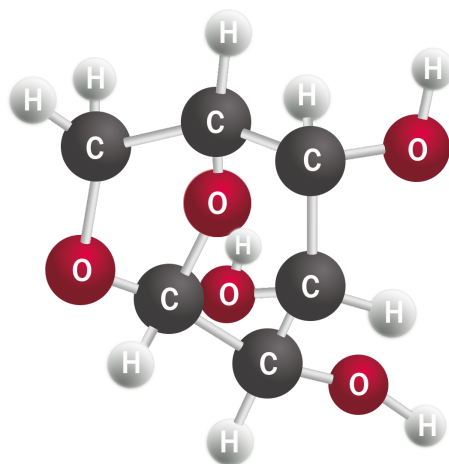
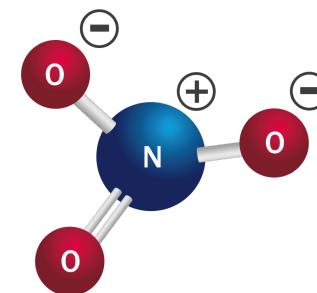
# 1. Le specie chimiche in studio

## 1.1. Le specie chimiche



**Solfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ):** è uno ione con carica negativa generalmente diffuso omogeneamente nello spazio e nelle stagioni, infatti è spesso considerato legato a un fondo sovregionale. 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 ( $\text{NO}_3^-$ ):** è uno ione con carica negativa. È un inquinante secondario, prodotto in atmosfera dagli ossidi di azoto ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ , 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  $\text{PM}_{2.5}$  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/fogliame. 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 nel tempo e nello spazio. Per poter quantificare l'apporto complessivo della combustione della legna alla massa del  $\text{PM}$  servono studi ad hoc.

# 1. Le specie chimiche in studio

---

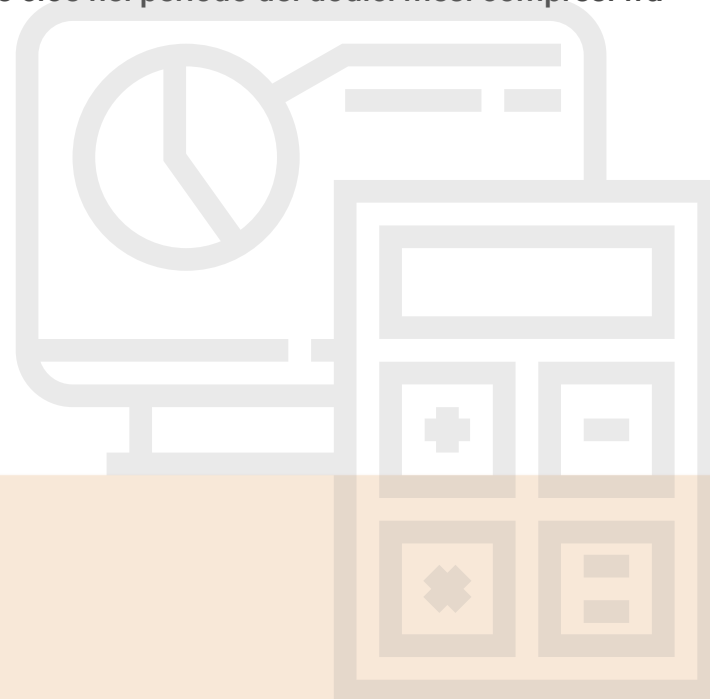
## 1.2. Note metodologiche nei calcoli

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 (a meno di problematiche strumentali). 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<sub>2.5</sub> 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 20% al 40% circa della massa del PM<sub>2.5</sub>. Essa contiene sostanzialmente ossigeno e 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, quando le specie analizzate avevano concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità sono state approssimate a metà di suddetto limite.

I valori degli inquinanti riportati in questo report sono medie mensili e annuali, calcolate cioè nel periodo dei dodici mesi compresi fra gennaio e dicembre 2021.



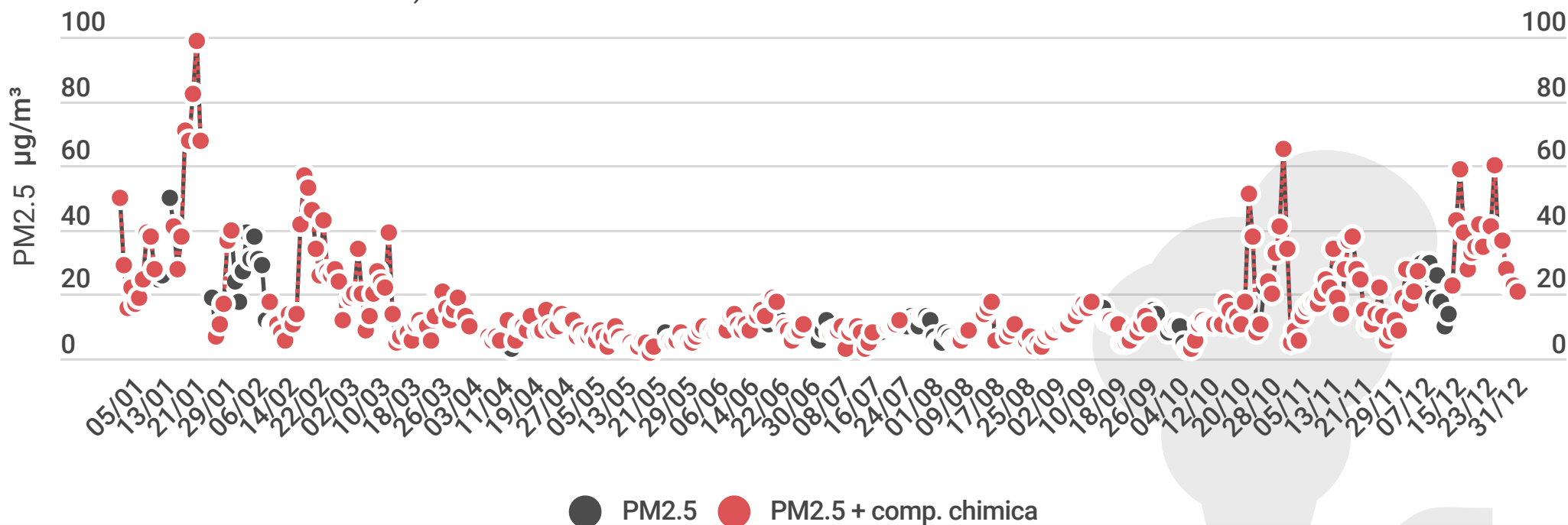
## 2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

### 2.1. Il PM2.5 nei dodici mesi del 2021 e i dati disponibili della composizione chimica

I dati analizzati provengono dai calcoli relativi ai campioni di PM2.5 disponibili: infatti non per tutti i giorni in cui è disponibile il valore del PM2.5 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 PM2.5.

Nel grafico di seguito è rappresentato l'andamento del PM2.5 giornaliero nei 12 mesi nelle stazioni. In rosso sono visualizzati i giorni nei quali è stata effettuata, oltre alla misura del PM2.5, anche l'analisi della composizione chimica del particolato. In grigio sono rappresentati i giorni nei quali non è disponibile l'analisi 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).

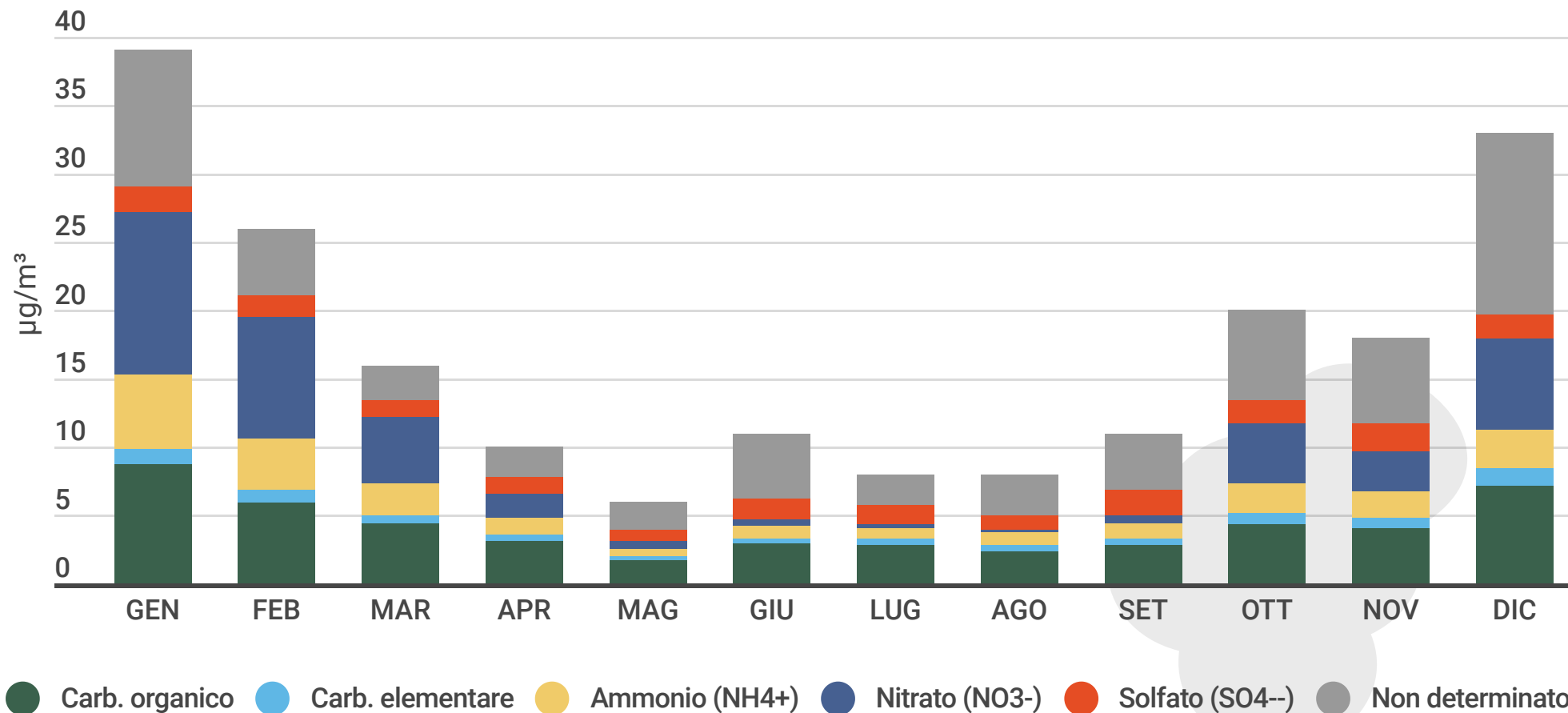




## 2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

### 2.2. Gli andamenti nell'anno 2021

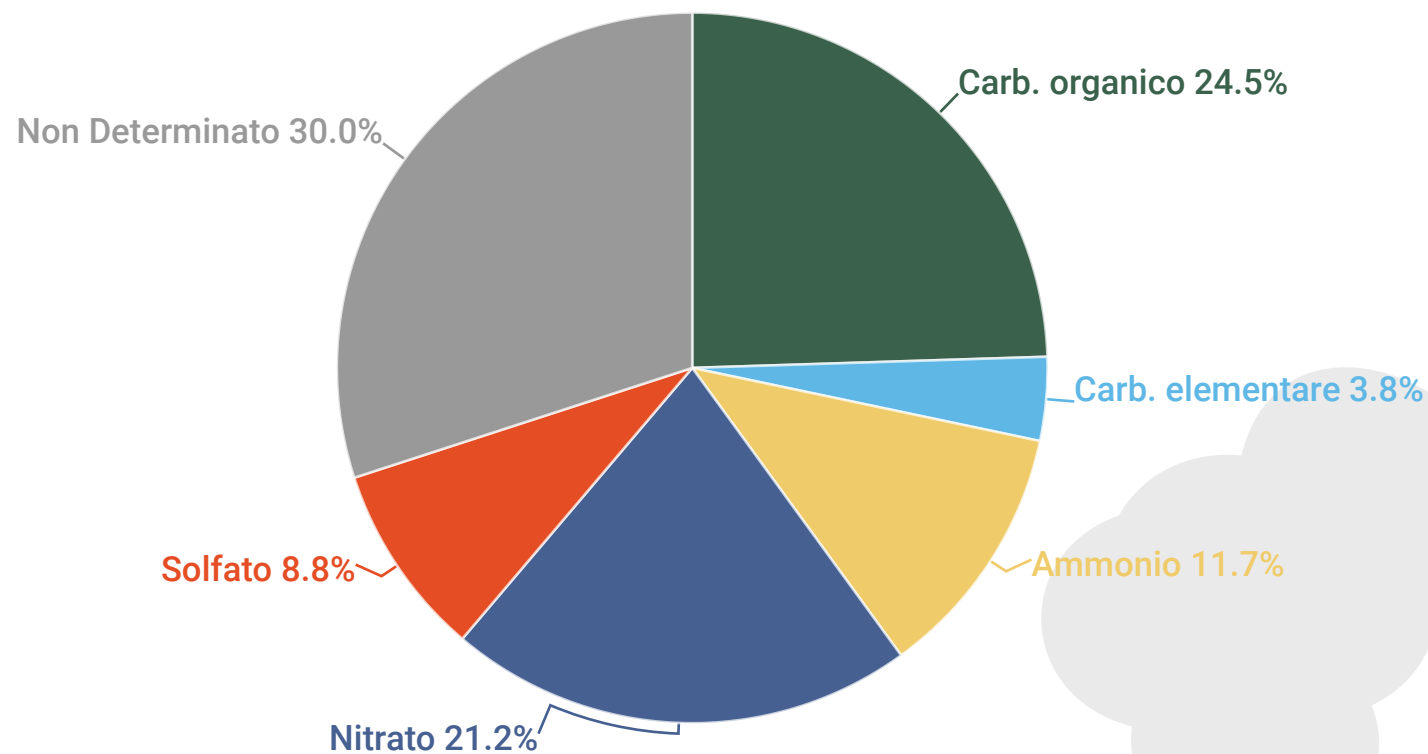
Andamento mensile delle specie in esame nella stazione di Bologna Gobetti



## 2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

### 2.3. Anno 2021 - Apporto percentuale delle principali specie chimiche al PM2.5

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM2.5 nella stazione di Bologna Gobetti



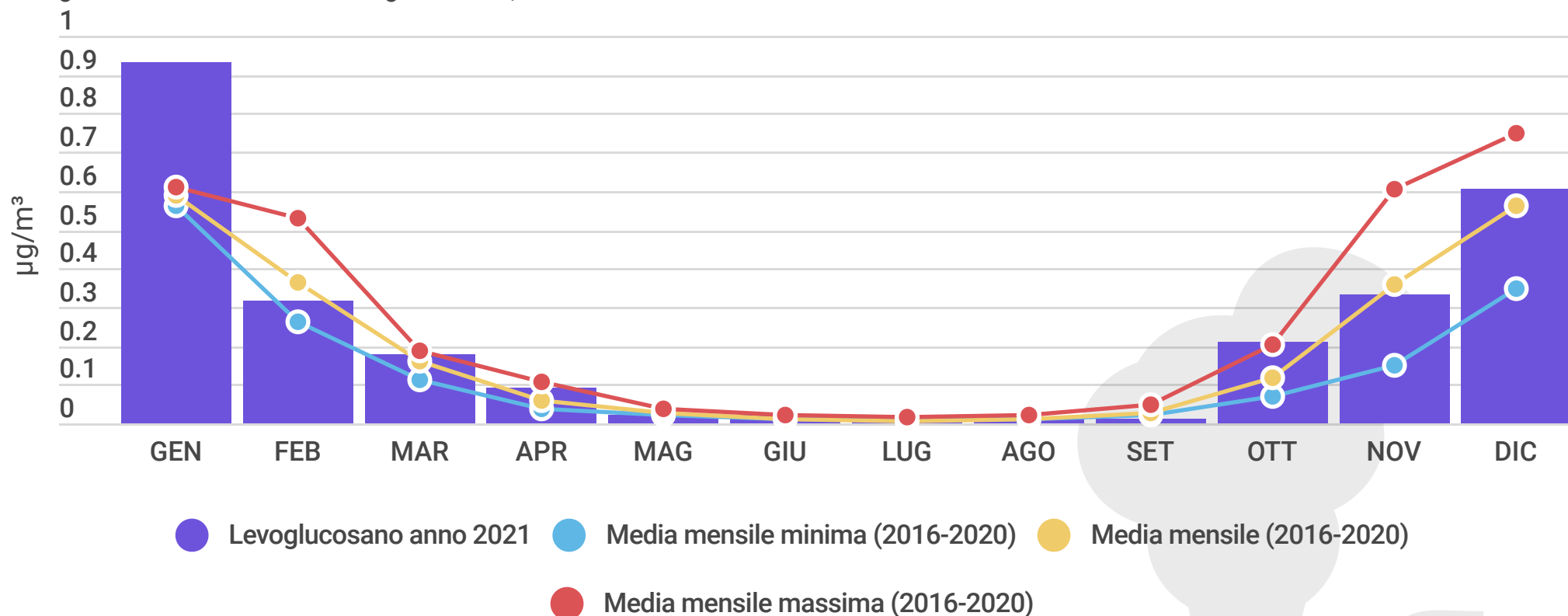
## 2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

### 2.4. Il levoglucosano nel 2021 a Bologna (e confronto con anni precedenti)

Il seguente grafico presenta un confronto fra i dati dell'inquinante rilevati nell'anno 2021 e i dati mensili degli anni compresi fra il 2013 e il 2020.

Come spiegato nel paragrafo 1.1 questo inquinante è interessante perché deriva esclusivamente dalla combustione della legna: pertanto fornisce indicazioni sul quantitativo di PM2.5 emesso da questa sorgente.

*Levoglucosano nella stazione Bologna Gobetti, anno 2021*



#### \*Definizioni

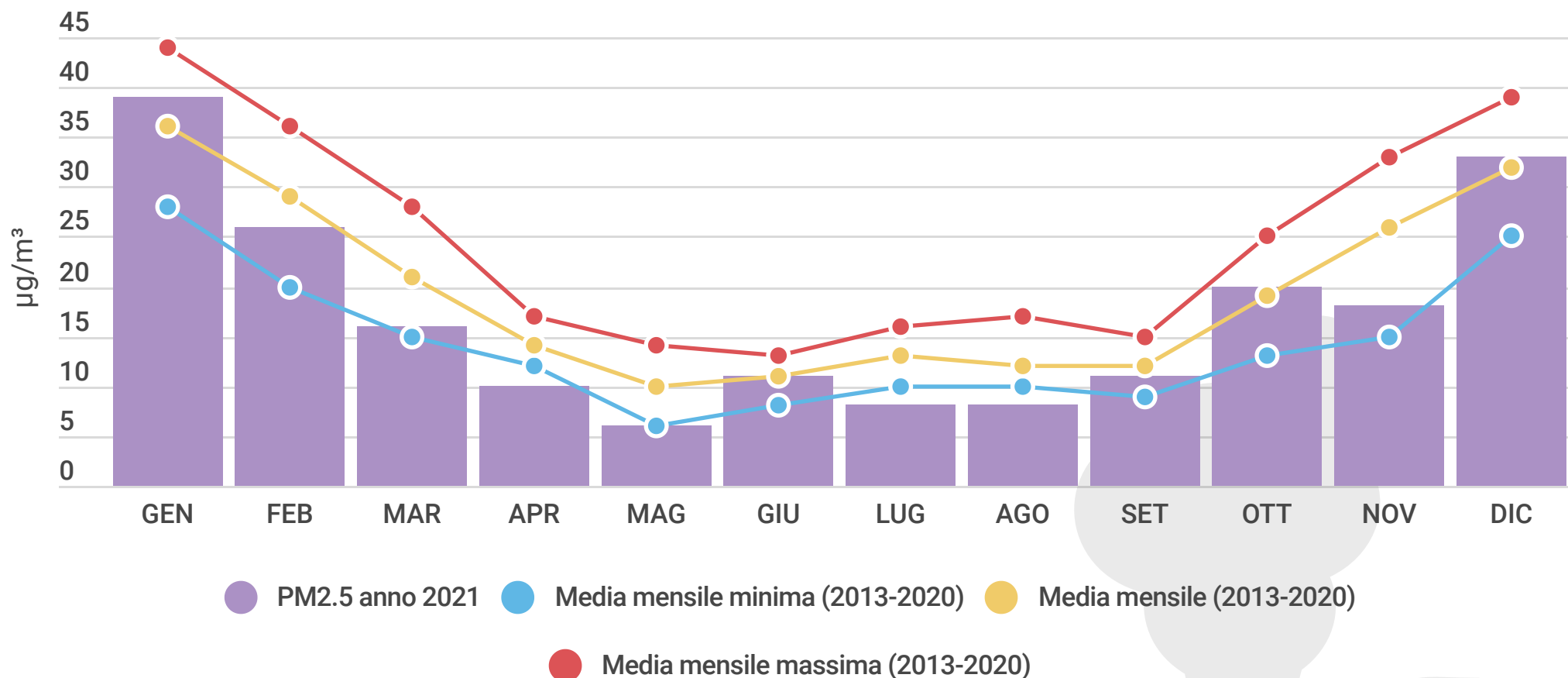
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

### 2.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 2.5.1 PM2.5

Stazione Bologna Gobetti, anno 2021



#### \*Definizioni

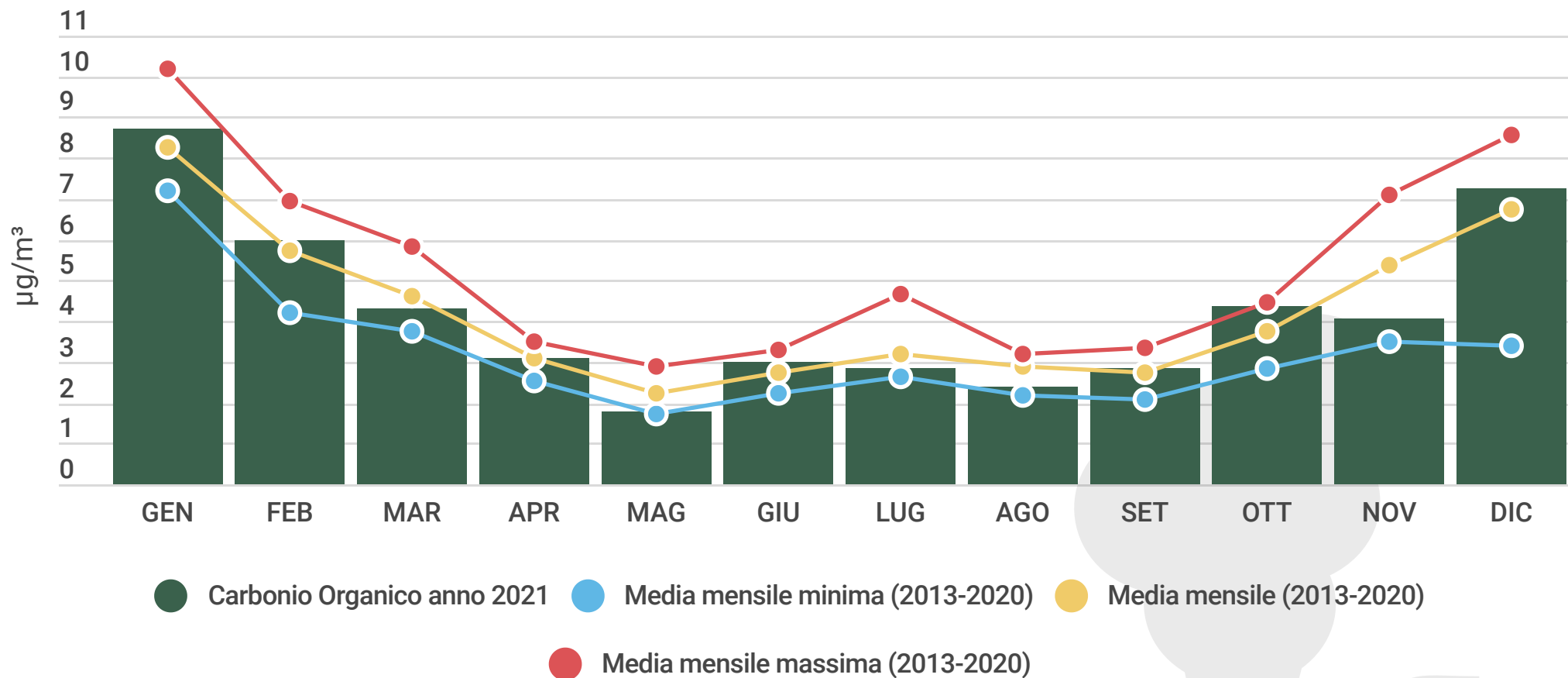
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

### 2.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 2.5.2 Carbonio organico

Stazione Bologna Gobetti, anno 2021



#### \*Definizioni

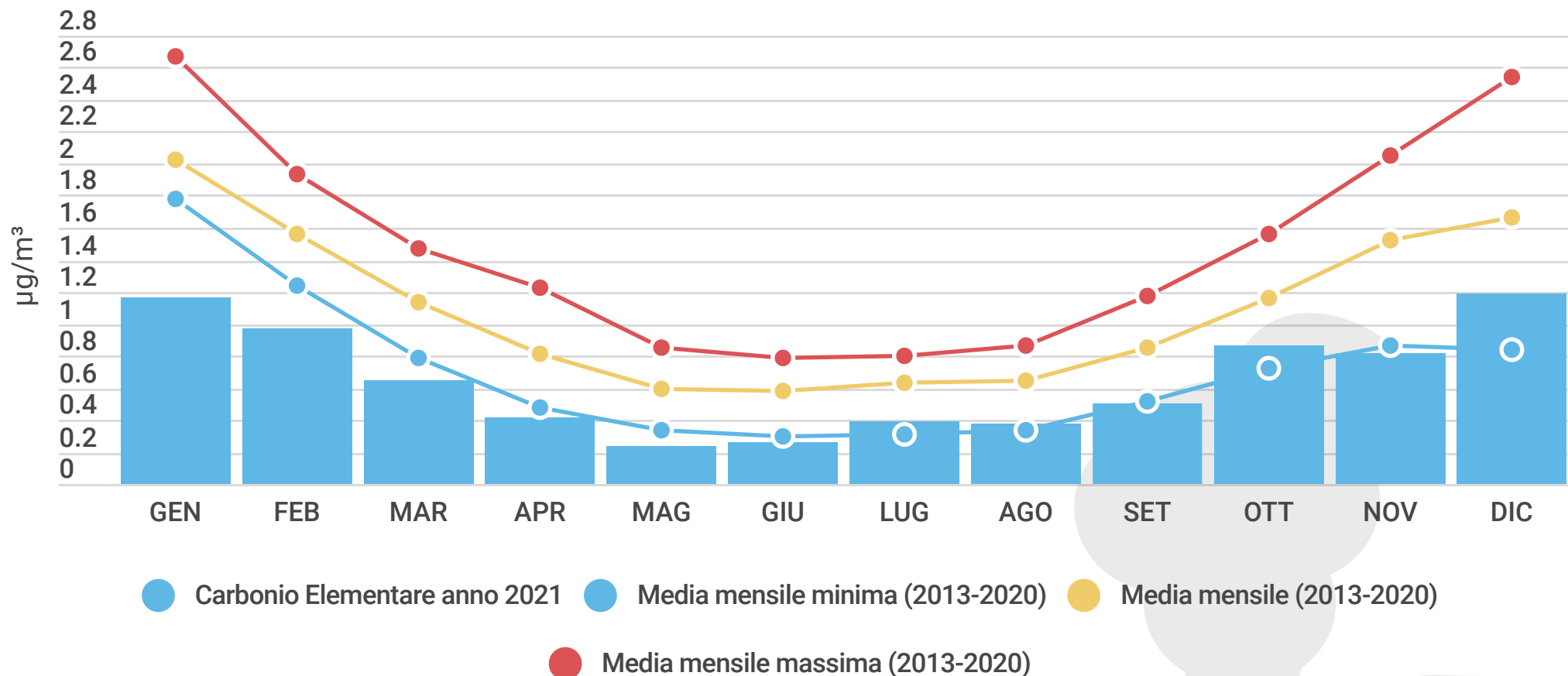
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

### 2.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 2.5.3. Carbonio elementare

Stazione Bologna Gobetti, anno 2021



#### \*Definizioni

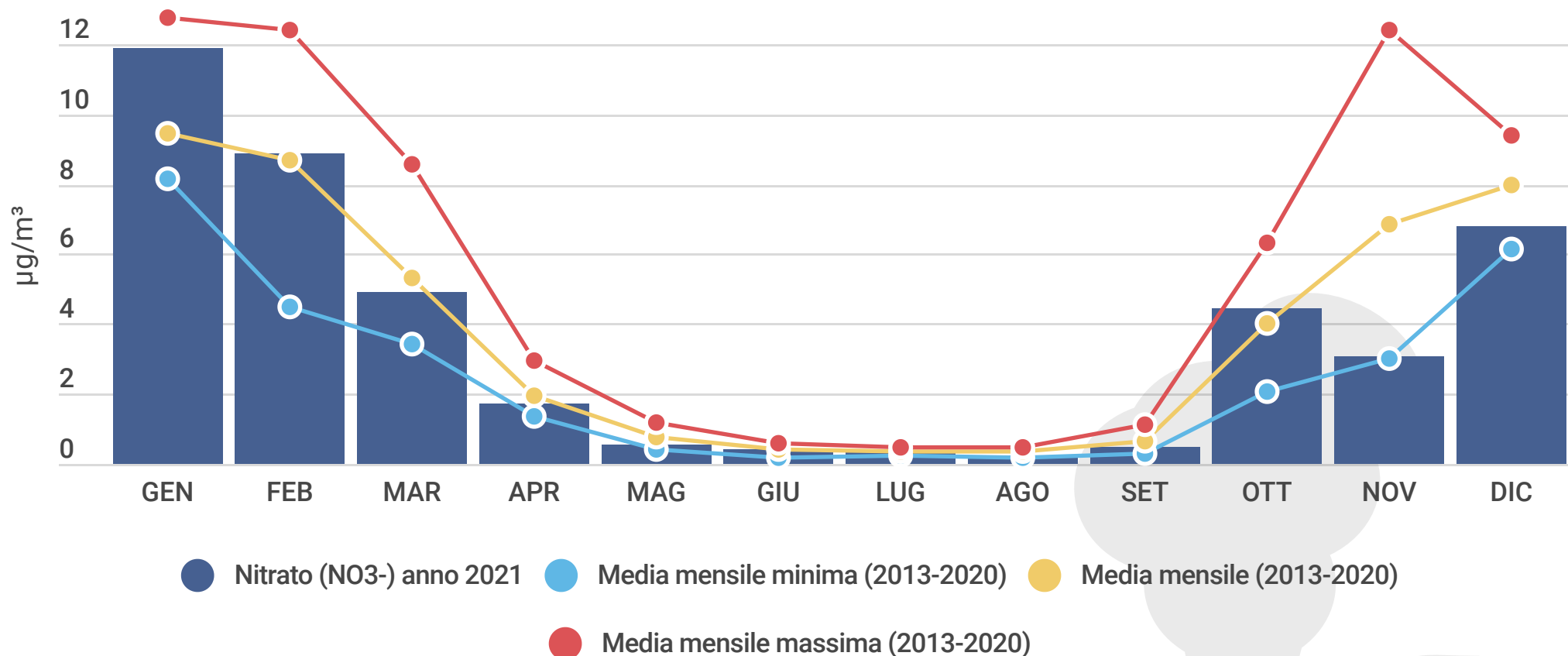
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

### 2.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 2.5.4. Nitrato

Stazione Bologna Gobetti, anno 2021



#### \*Definizioni

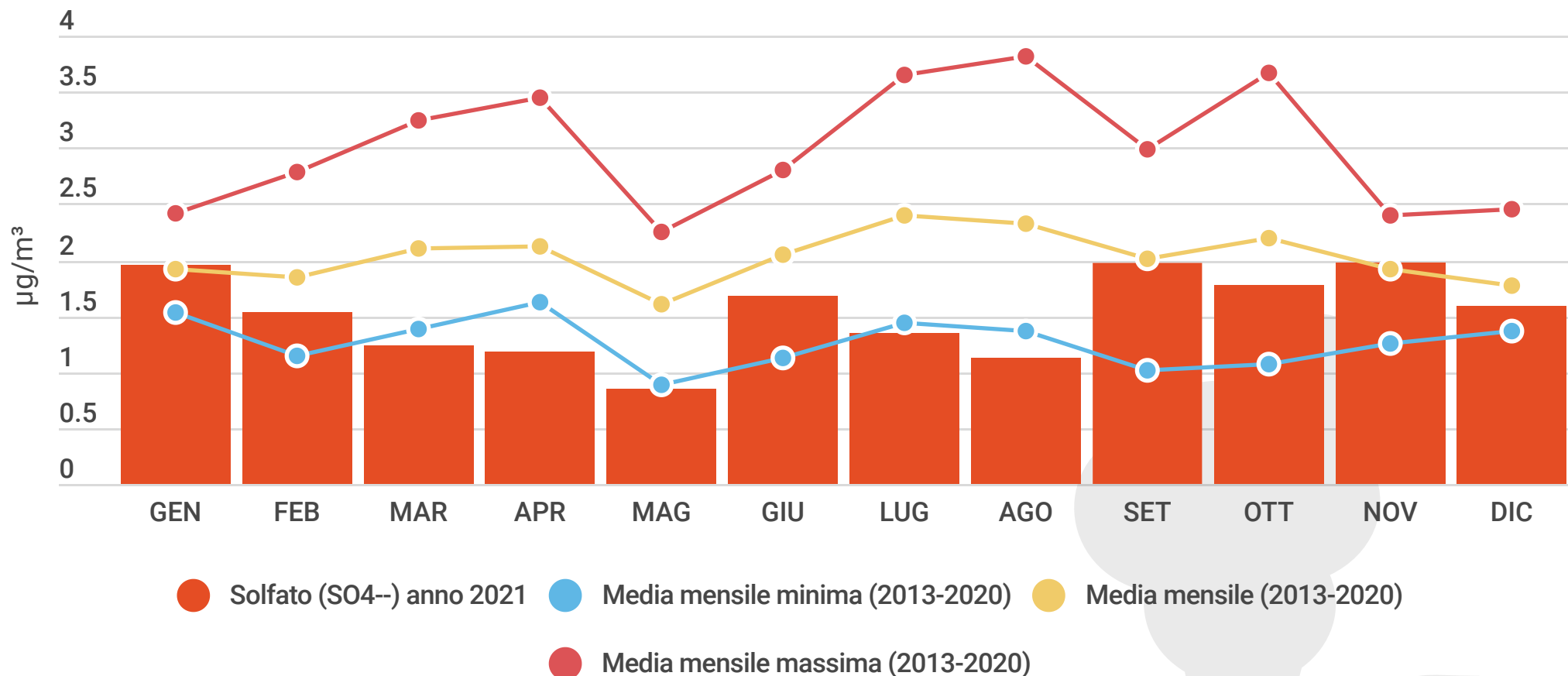
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

### 2.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 2.5.5. Solfato

Stazione Bologna Gobetti, anno 2021



#### \*Definizioni

- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

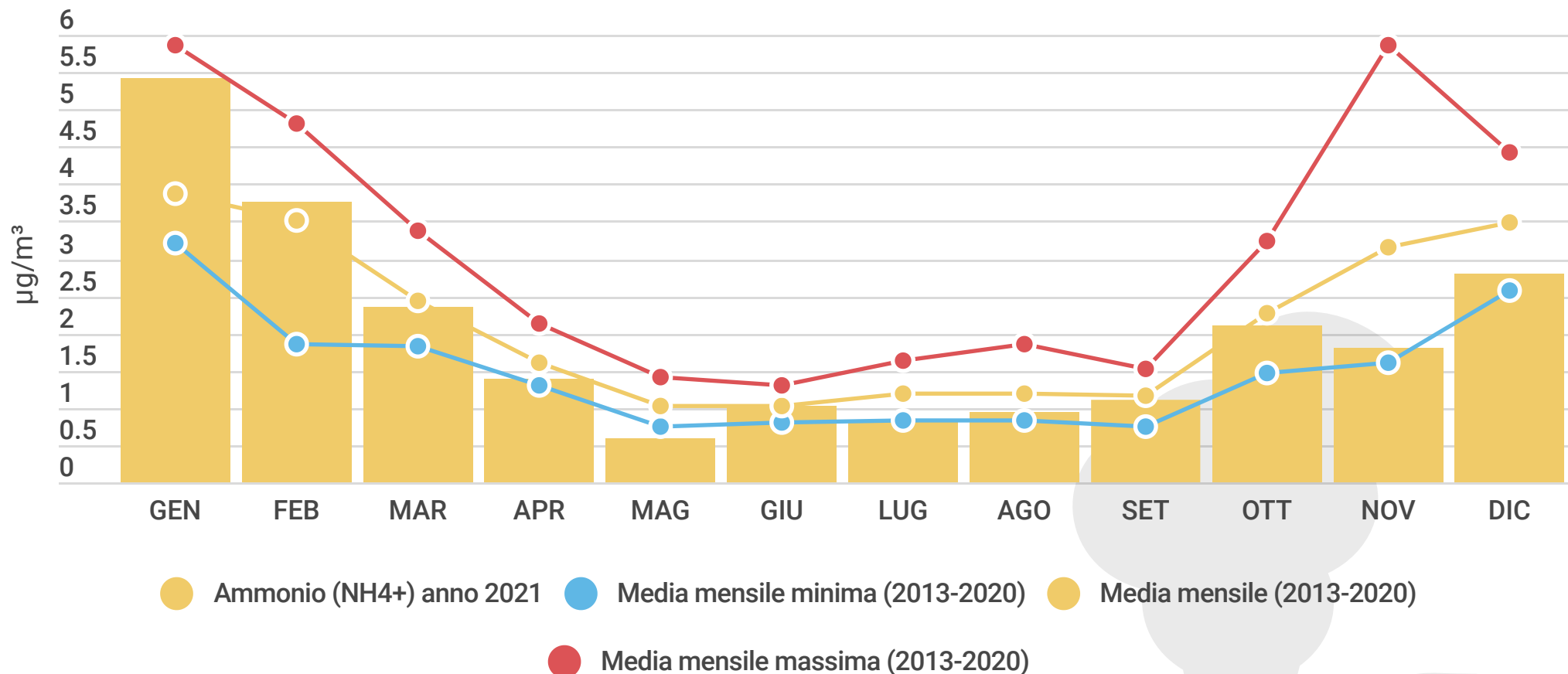


## 2. Le specie chimiche nel PM2.5 a Bologna

### 2.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 2.5.6. Ammonio

Stazione Bologna Gobetti, anno 2021



#### \*Definizioni

- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

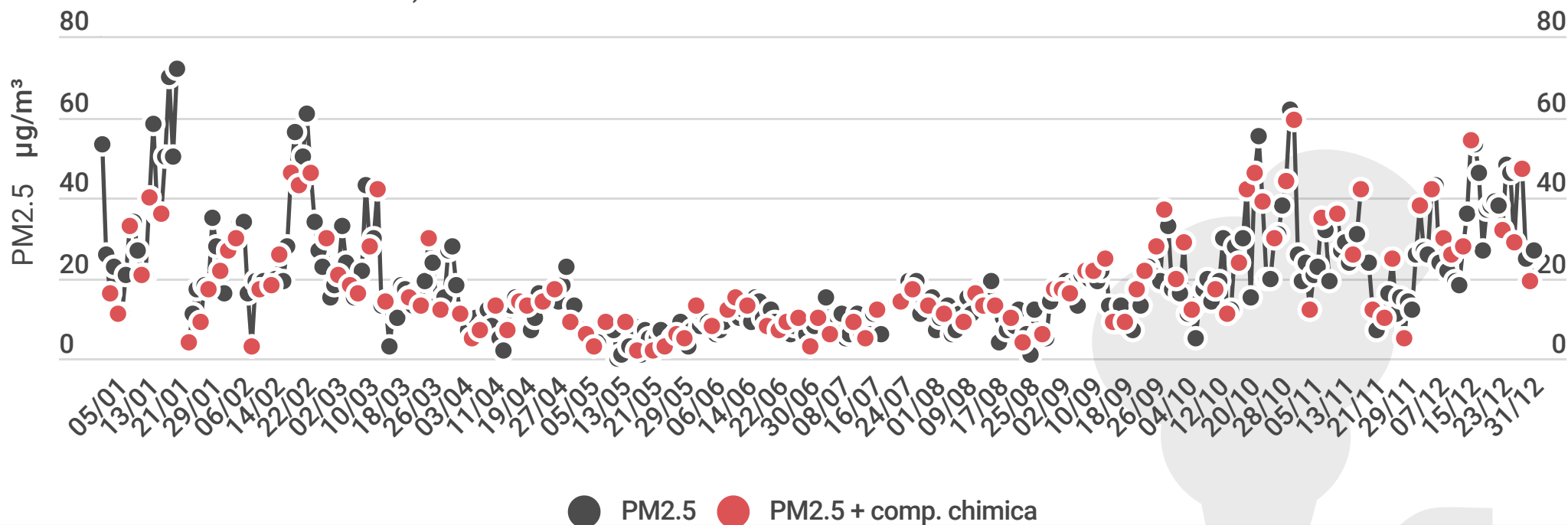
### 3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

#### 3.1. Il PM2.5 nei dodici mesi del 2021 e i dati disponibili della composizione chimica

I dati analizzati provengono dai calcoli relativi ai campioni di PM2.5 disponibili: infatti non per tutti i giorni in cui è disponibile il valore del PM2.5 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 PM2.5.

Nel grafico di seguito è rappresentato l'andamento del PM2.5 giornaliero nei 12 mesi nelle stazioni. In rosso sono visualizzati i giorni nei quali è stata effettuata, oltre alla misura del PM2.5, anche l'analisi della composizione chimica del particolato. In grigio sono rappresentati i giorni nei quali non è disponibile l'analisi chimica.

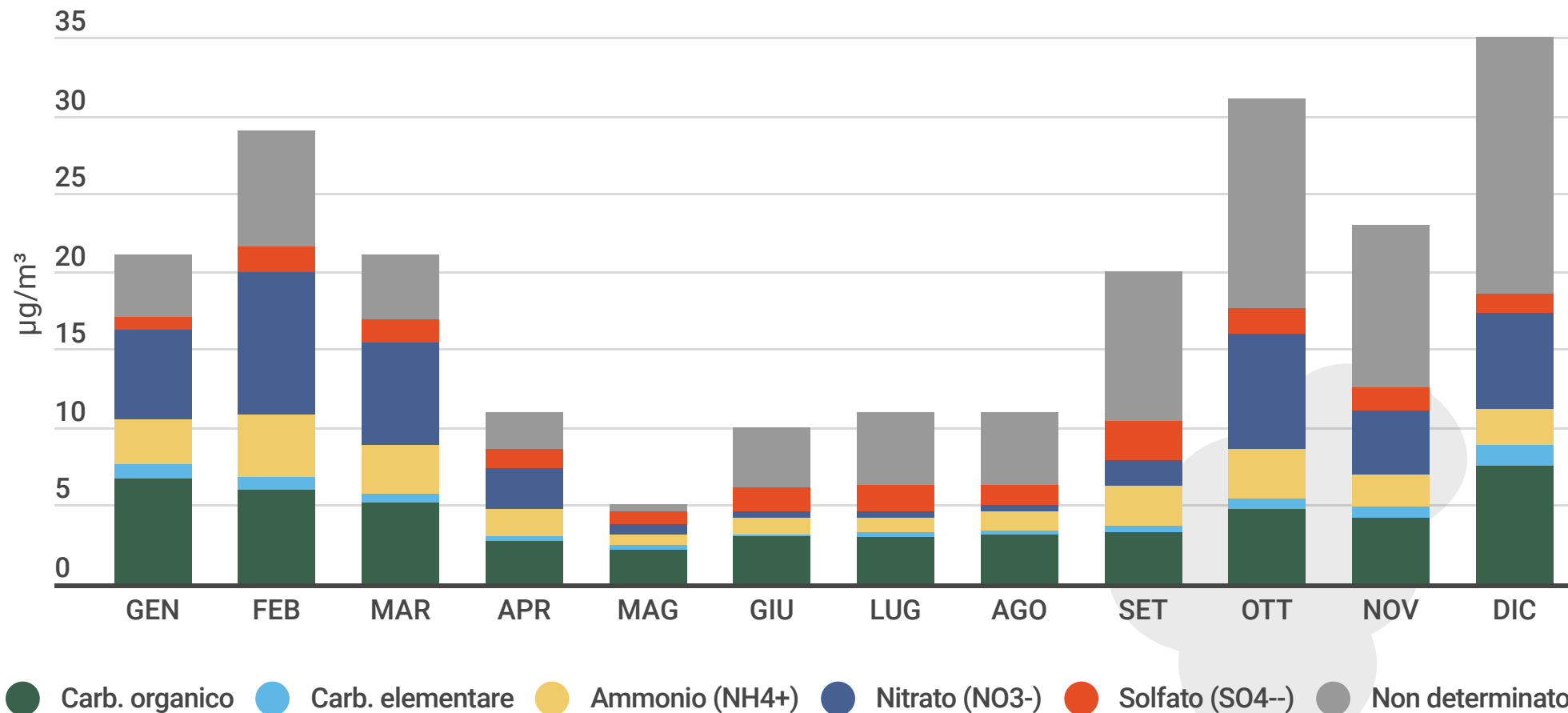
I giorni in cui sono state eseguite le analisi in laboratorio della composizione chimica sono stati scelti precedentemente al campionamento, per poter rappresentare in modo omogeneo i giorni della settimana e l'alternanza dei giorni feriali e festivi (a meno di malfunzionamenti strumentali).



### 3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

#### 3.2. Gli andamenti nell'anno 2021

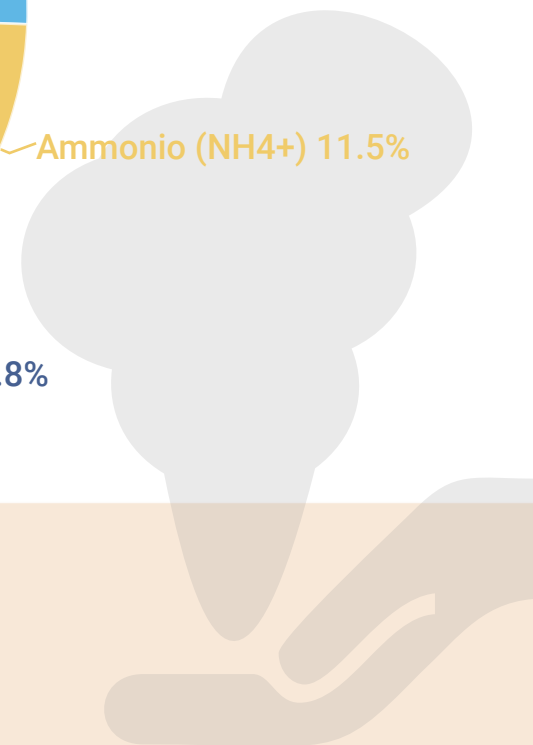
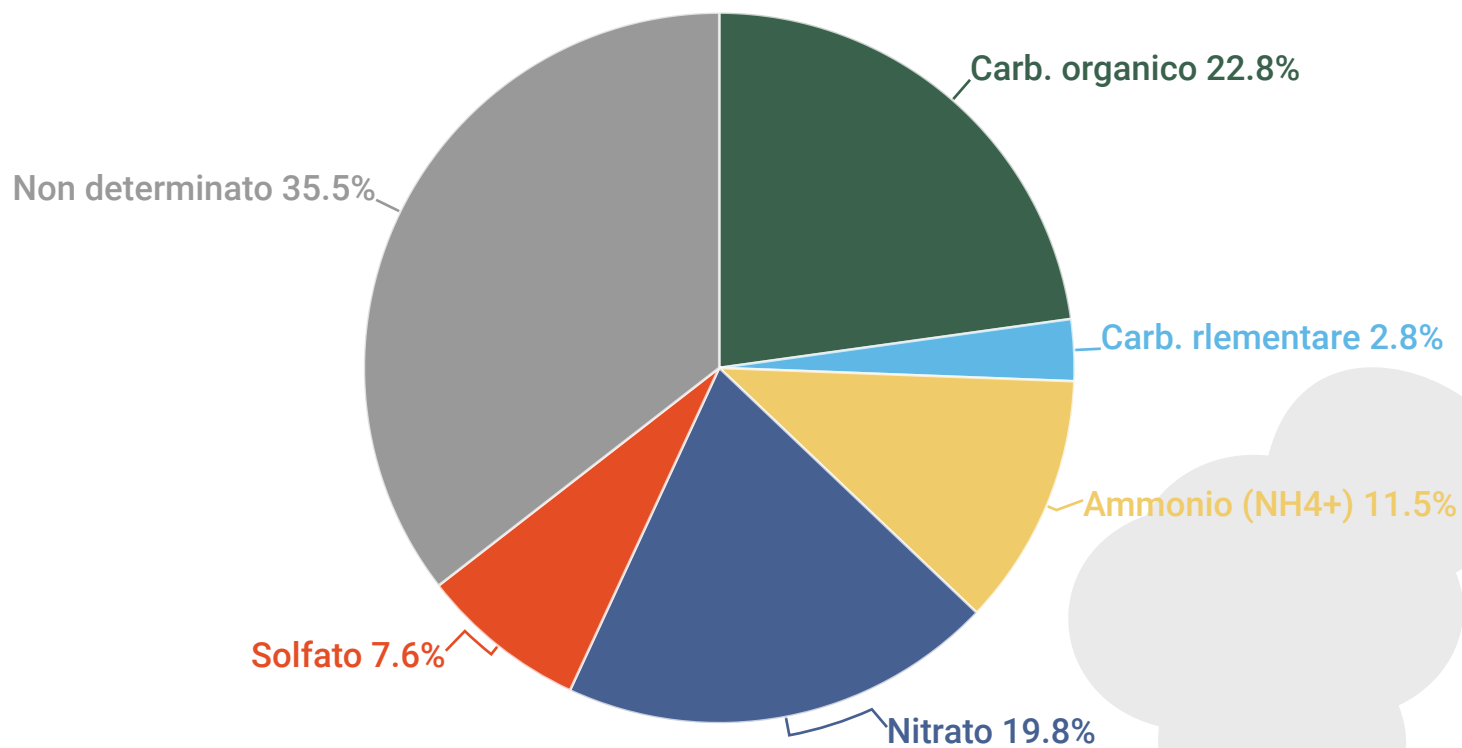
Andamento mensile delle specie in esame nella stazione di Parma Cittadella



### 3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

#### 3.3. Anno 2021 - Apporto percentuale delle principali specie chimiche al PM2.5

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM2.5 nella stazione Parma Cittadella, anno 2021



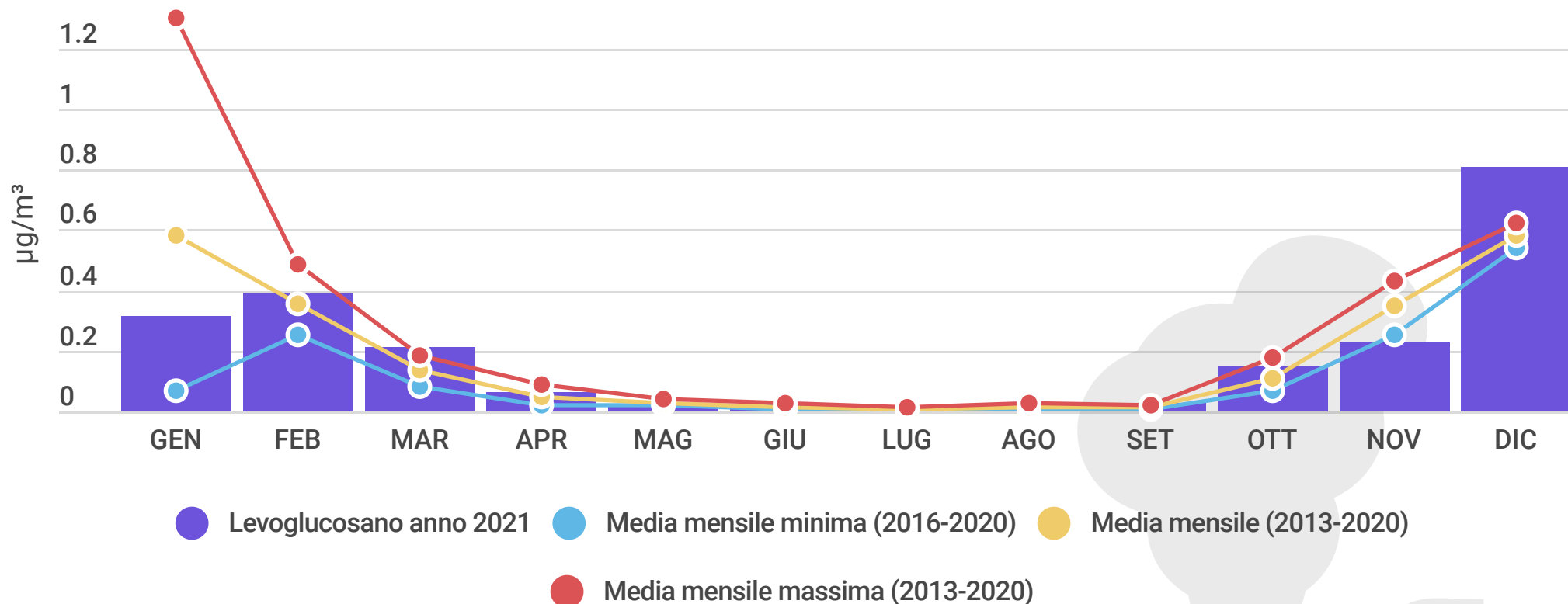
### 3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

#### 3.4. Il levoglucosano nel 2021 a Parma (e confronto con anni precedenti)

Il seguente grafico presenta un confronto fra i dati dell'inquinante rilevati nell'anno 2021 e i dati mensili degli anni compresi fra il 2013 e il 2020.

Come spiegato nel paragrafo 1.1 questo inquinante è interessante perché deriva esclusivamente dalla combustione della legna: pertanto fornisce indicazioni sul quantitativo di PM2.5 emesso da questa sorgente.

Stazione di Parma Cittadella, anno 2021



#### \*Definizioni

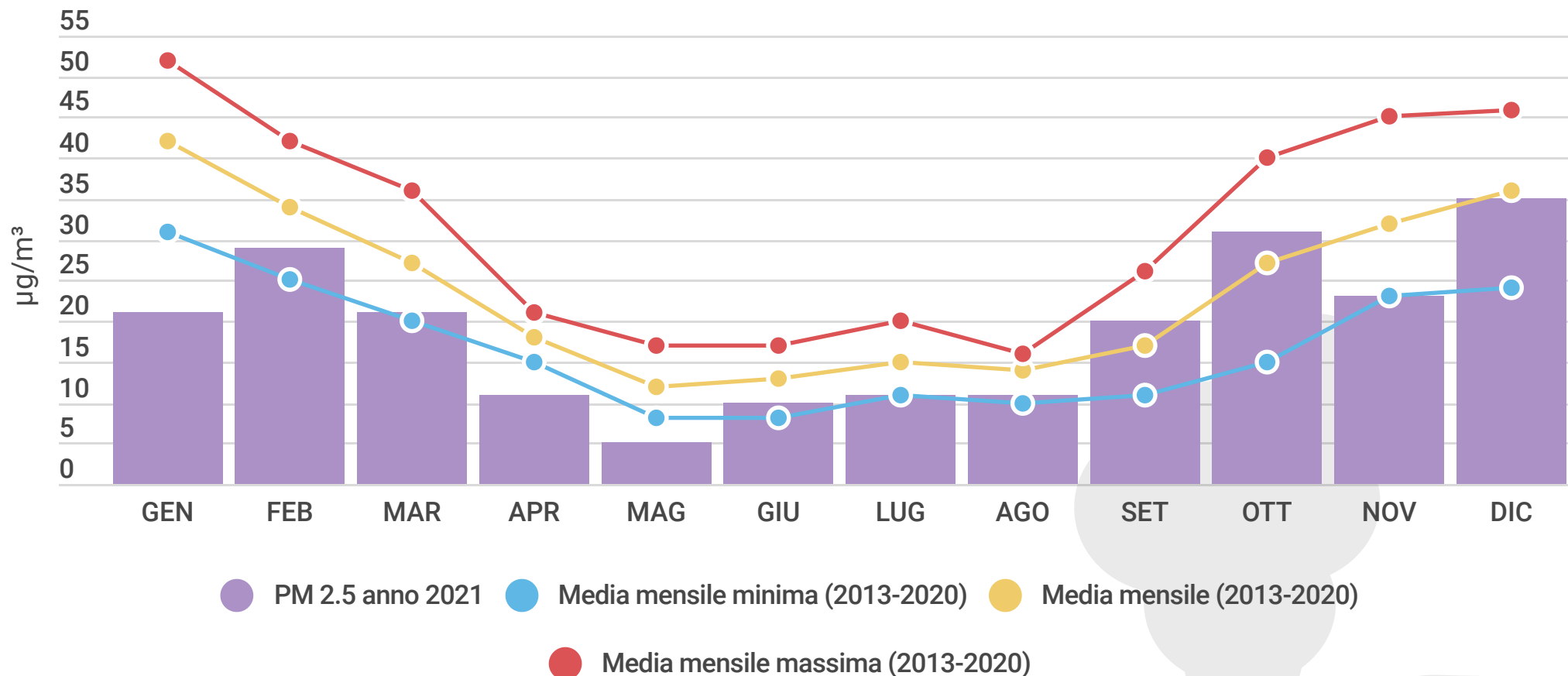
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

### 3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

#### 3.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

##### 3.5.1 PM2.5

Stazione Parma Cittadella, anno 2021



#### \*Definizioni

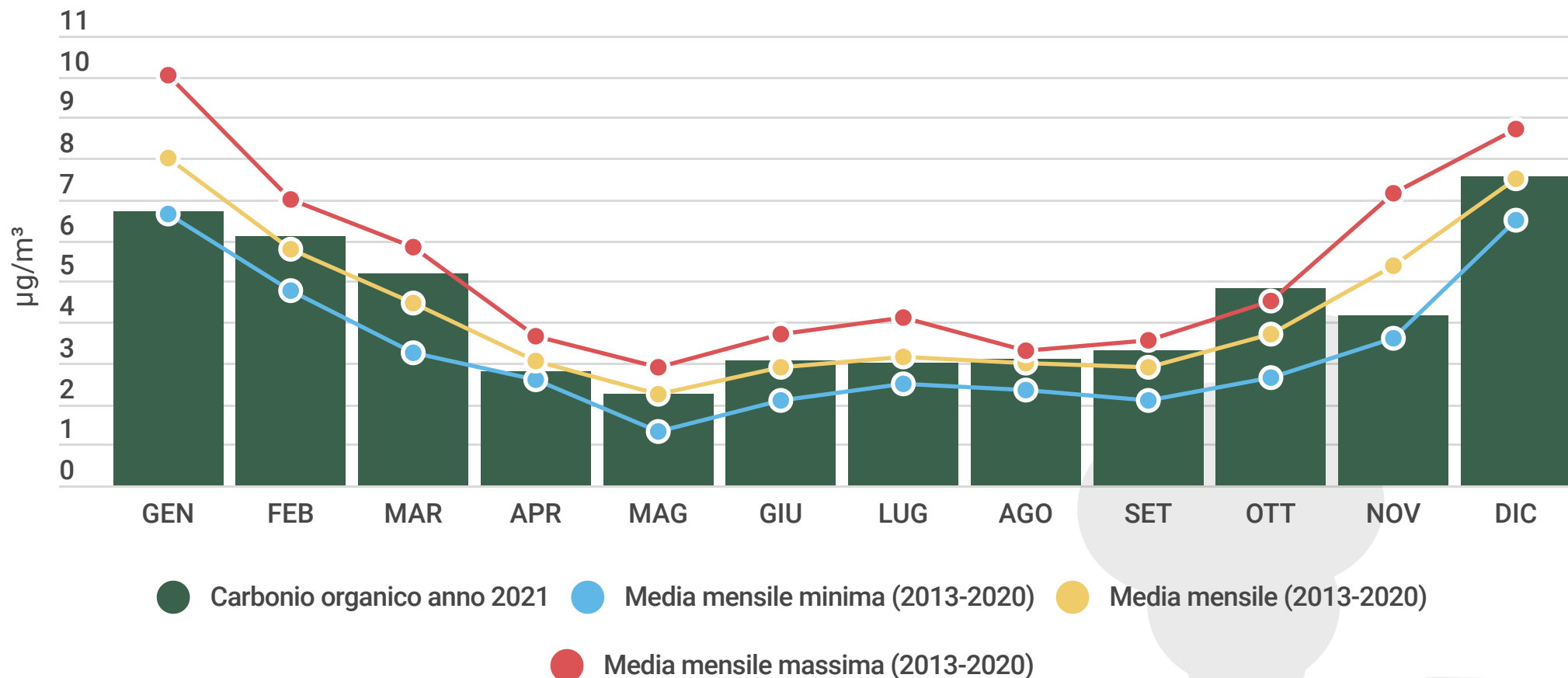
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

### 3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

#### 3.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

##### 3.5.2. Carbonio organico

Stazione Parma Cittadella, anno 2021



#### \*Definizioni

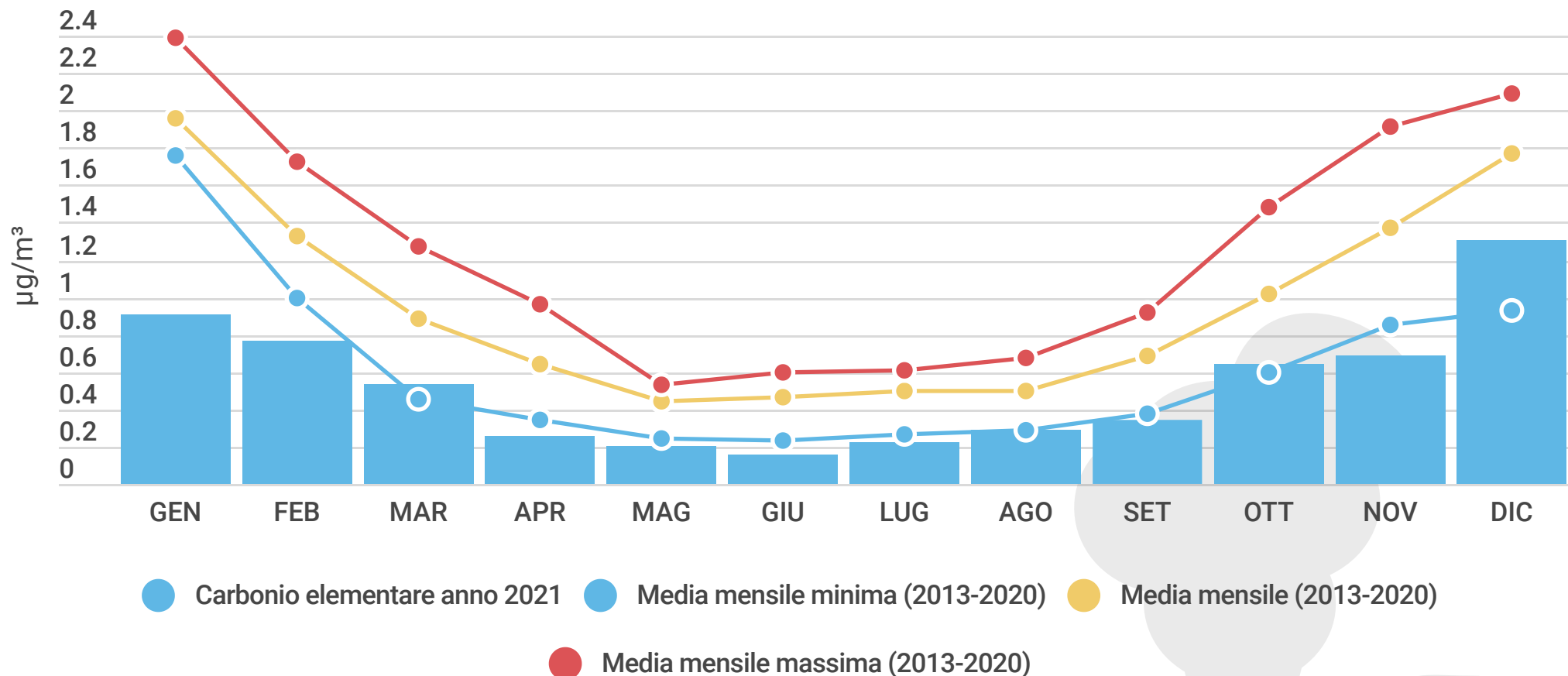
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

### 3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

#### 3.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

##### 3.5.3. Carbonio elementare

Stazione Parma Cittadella, anno 2021



#### \*Definizioni

- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

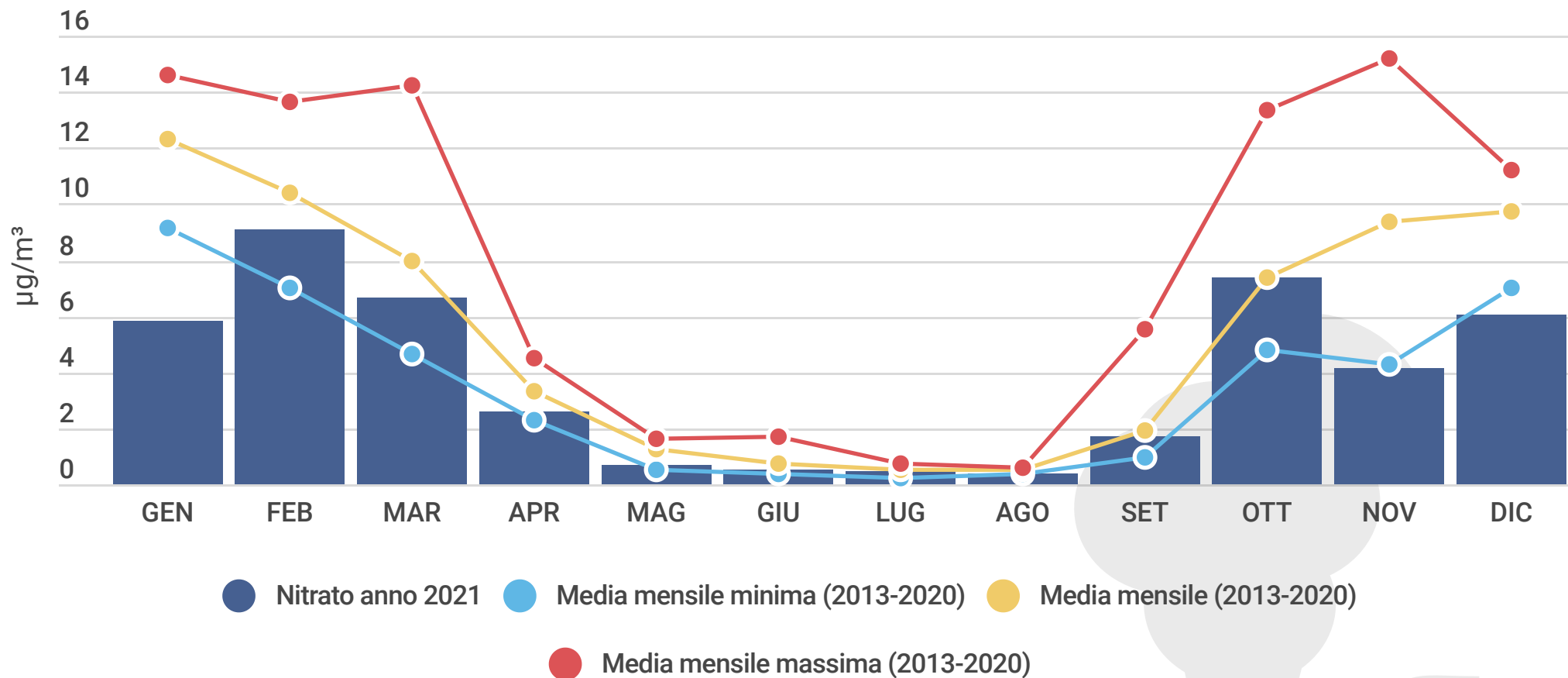


### 3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

#### 3.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

##### 3.5.4. Nitrato

Stazione Parma Cittadella, anno 2021



#### \*Definizioni

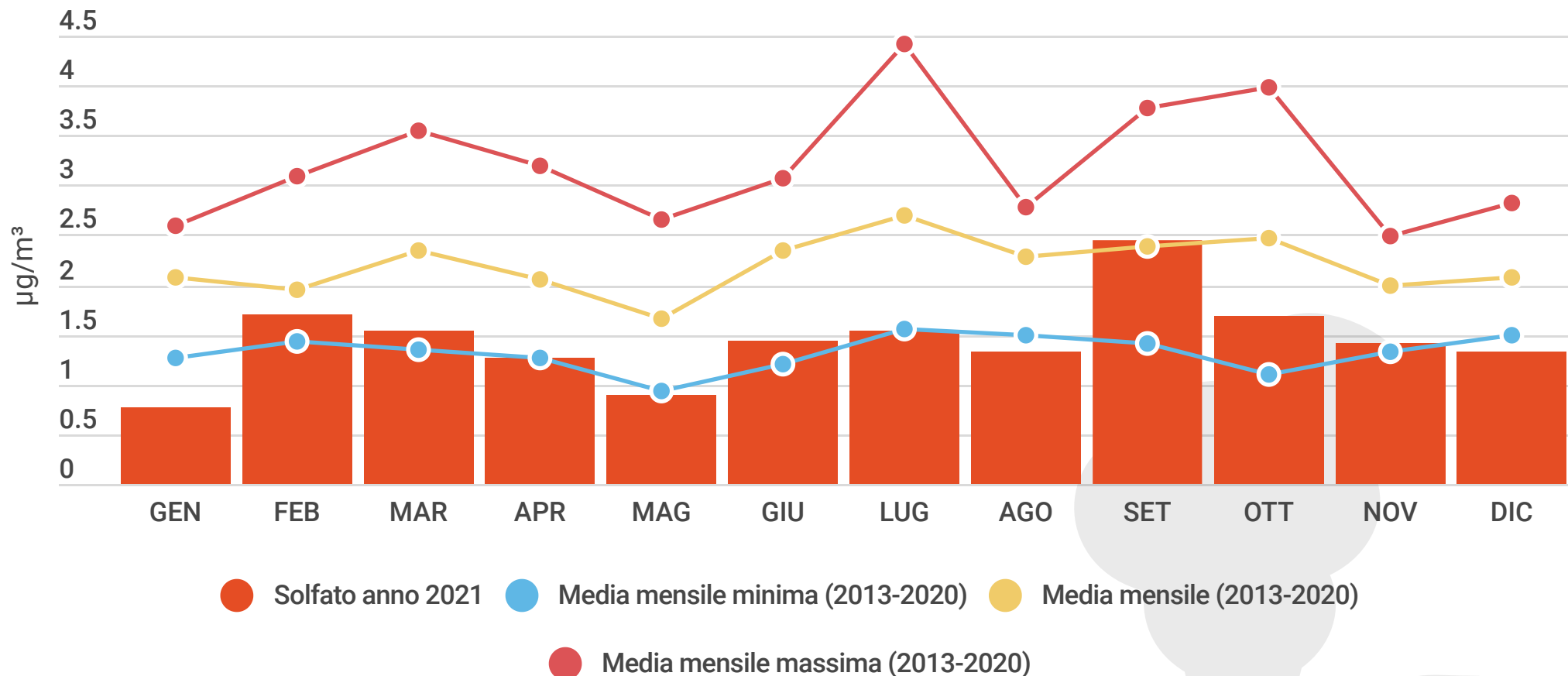
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

### 3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

#### 3.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

##### 3.5.5. Solfato

Stazione Parma Cittadella, anno 2021



#### \*Definizioni

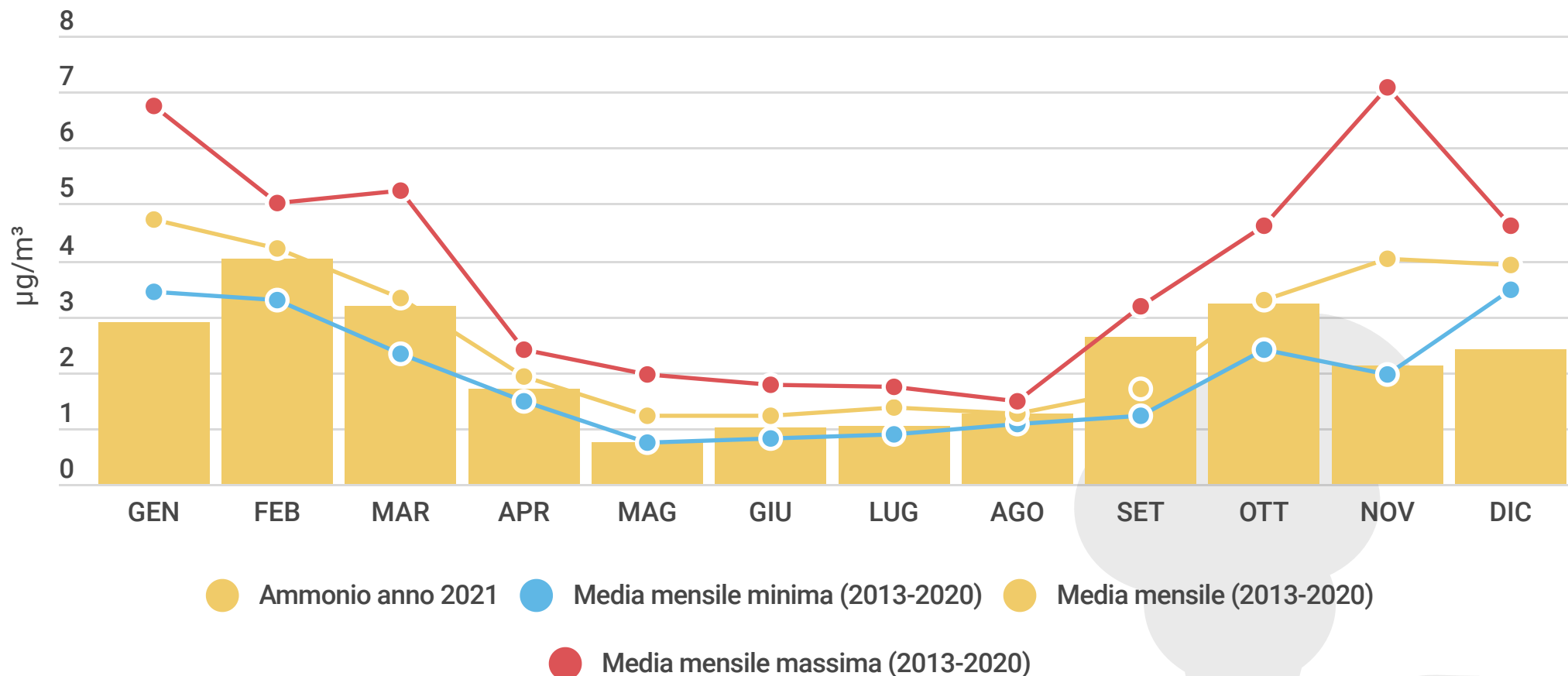
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

### 3. Le specie chimiche nel PM2.5 a Parma

#### 3.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

##### 3.5.6. Ammonio

Stazione Parma Cittadella, anno 2021



#### \*Definizioni

- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

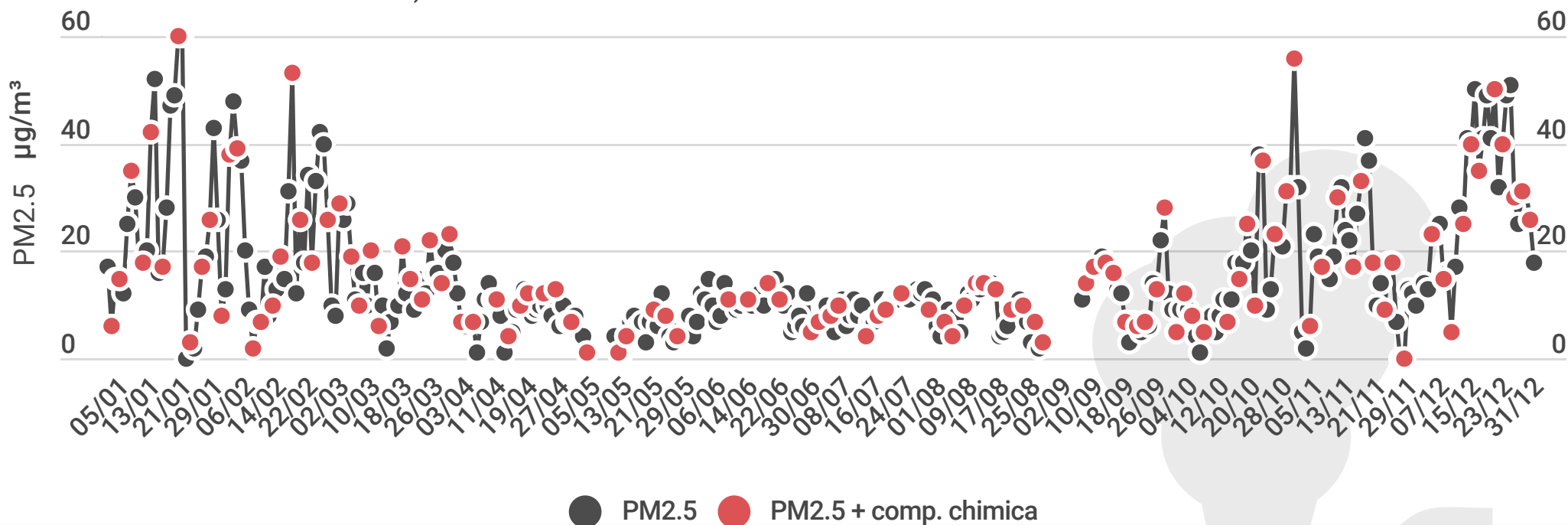
## 4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

### 4.1. Il PM2.5 nei dodici mesi del 2021 e i dati disponibili della composizione chimica

I dati analizzati provengono dai calcoli relativi ai campioni di PM2.5 disponibili: infatti non per tutti i giorni in cui è disponibile il valore del PM2.5 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 PM2.5.

Nel grafico di seguito è rappresentato l'andamento del PM2.5 giornaliero nei 12 mesi nelle stazioni. In rosso sono visualizzati i giorni nei quali è stata effettuata, oltre alla misura del PM2.5, anche l'analisi della composizione chimica del particolato. In grigio sono rappresentati i giorni nei quali non è disponibile l'analisi chimica.

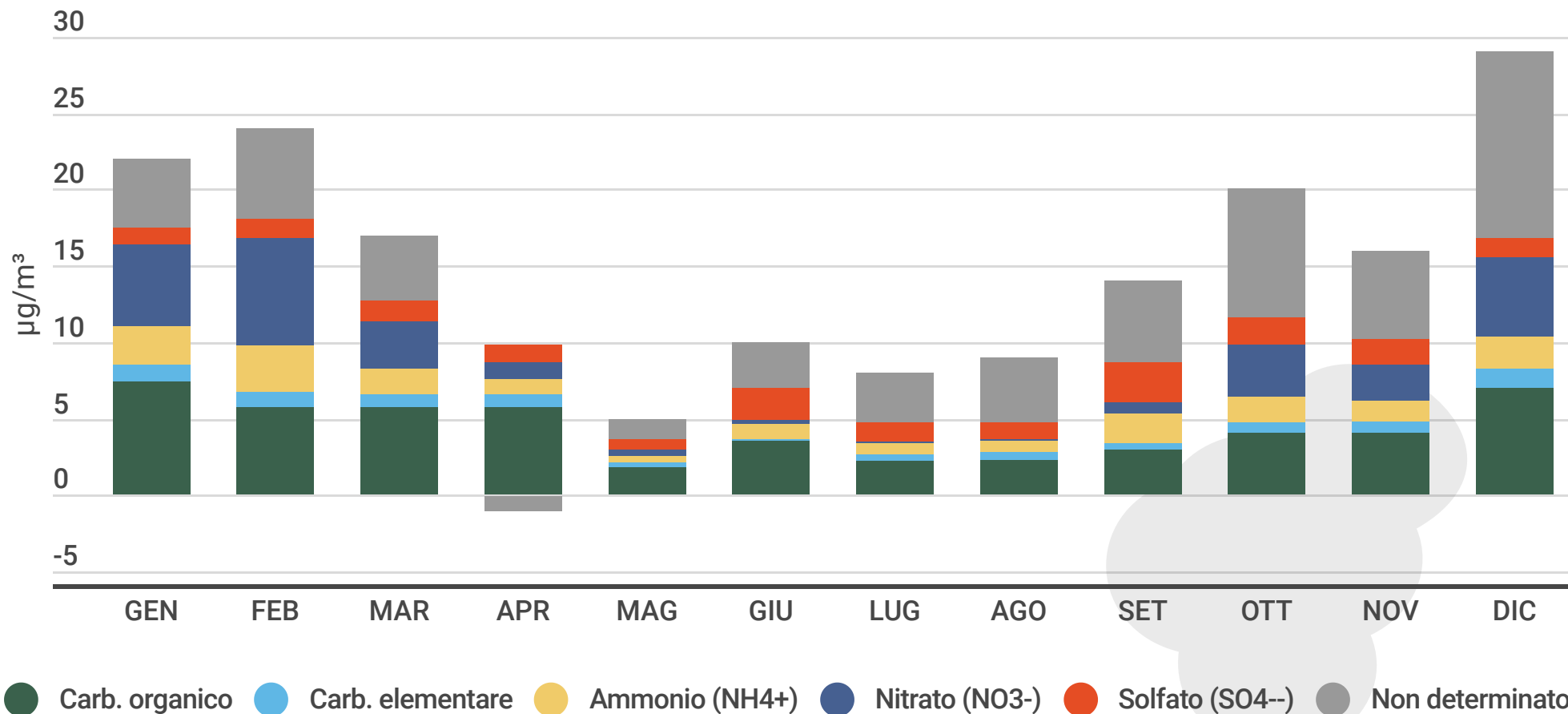
I giorni in cui sono state eseguite le analisi in laboratorio della composizione chimica sono stati scelti precedentemente al campionamento, per poter rappresentare in modo omogeneo i giorni della settimana e l'alternanza dei giorni feriali e festivi (a meno di malfunzionamenti strumentali).



## 4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

### 4.2. Gli andamenti nell'anno 2021

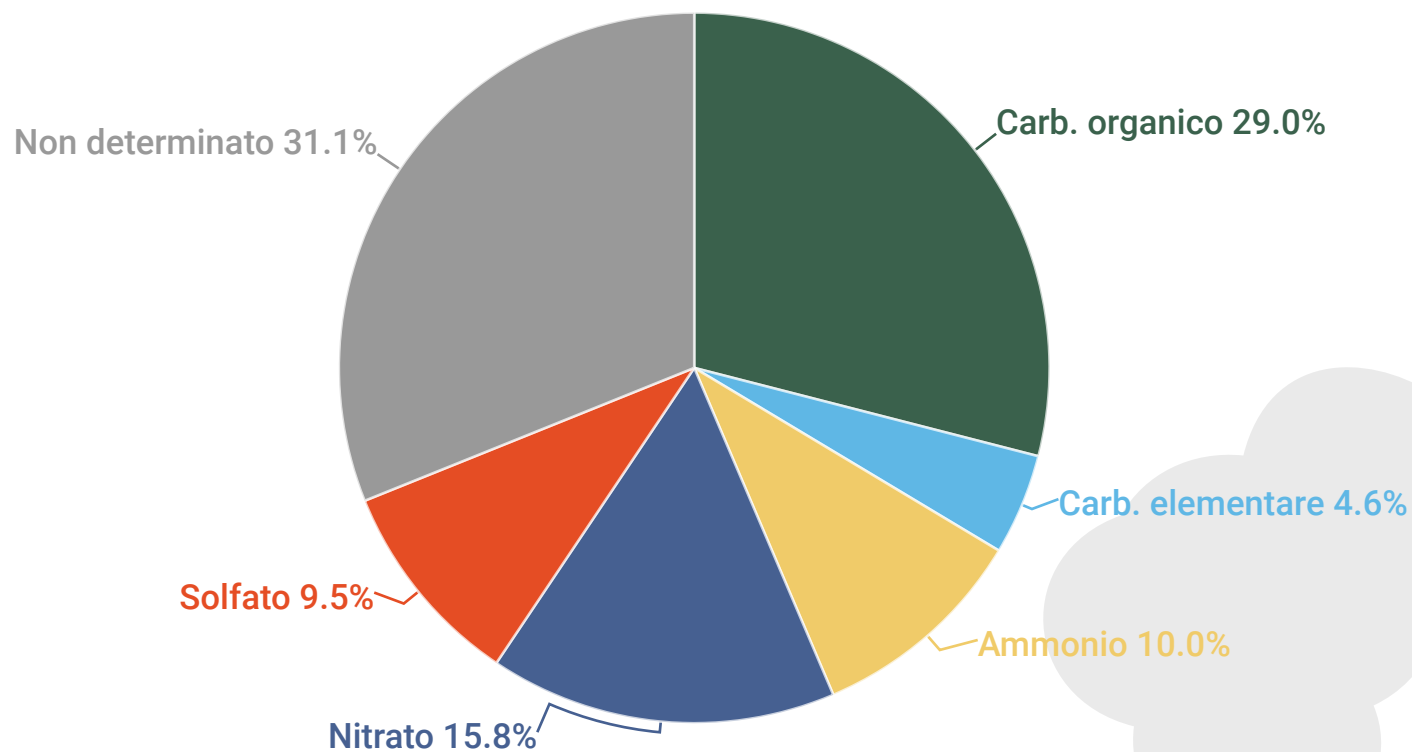
Andamento mensile delle specie in esame nella stazione Rimini Marecchia, anno 2021



## 4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

### 4.3. Anno 2021 - Apporto percentuale delle principali specie chimiche al PM2.5

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM2.5 nella stazione Rimini Marecchia, anno 2021



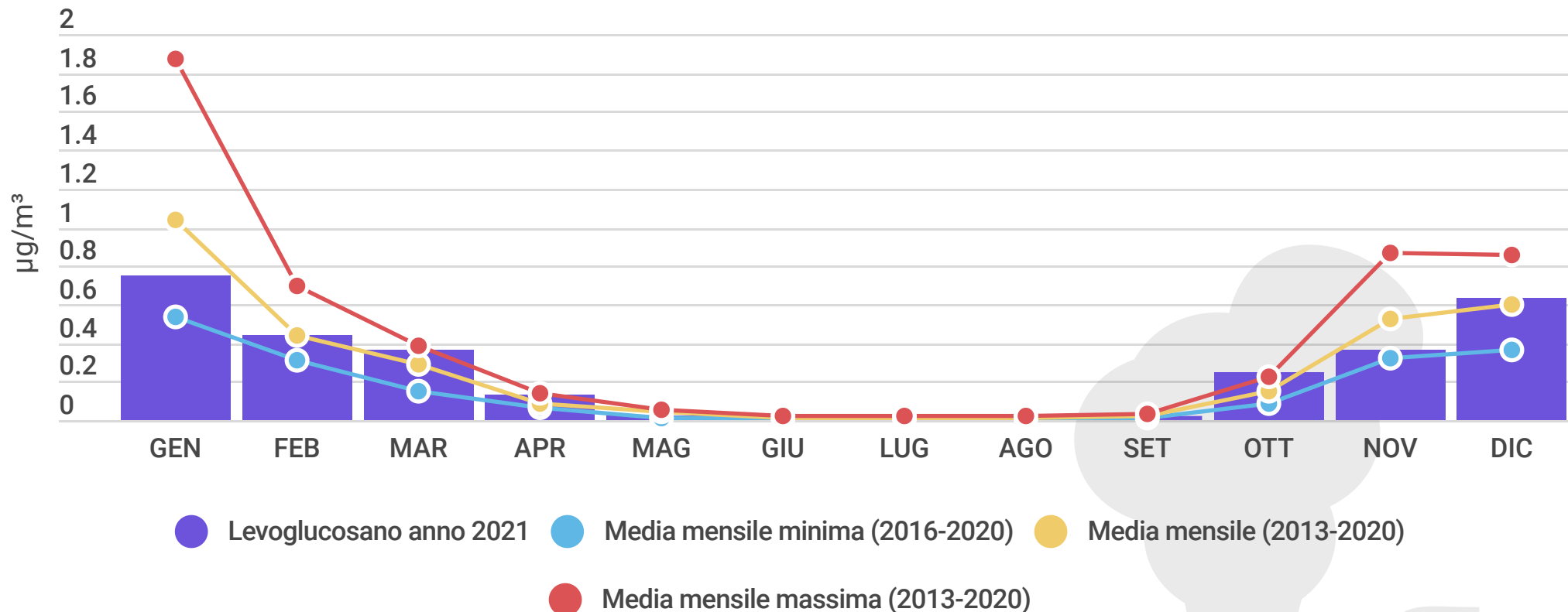
## 4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

### 4.4. Il levoglucosano nel 2021 a Rimini (e confronto con anni precedenti)

Il seguente grafico presenta un confronto fra i dati dell'inquinante rilevati nell'anno 2021 e i dati mensili degli anni compresi fra il 2013 e il 2020.

Come spiegato nel paragrafo 1.1 questo inquinante è interessante perché deriva esclusivamente dalla combustione della legna: pertanto fornisce indicazioni sul quantitativo di PM2.5 emesso da questa sorgente.

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2021



#### \*Definizioni

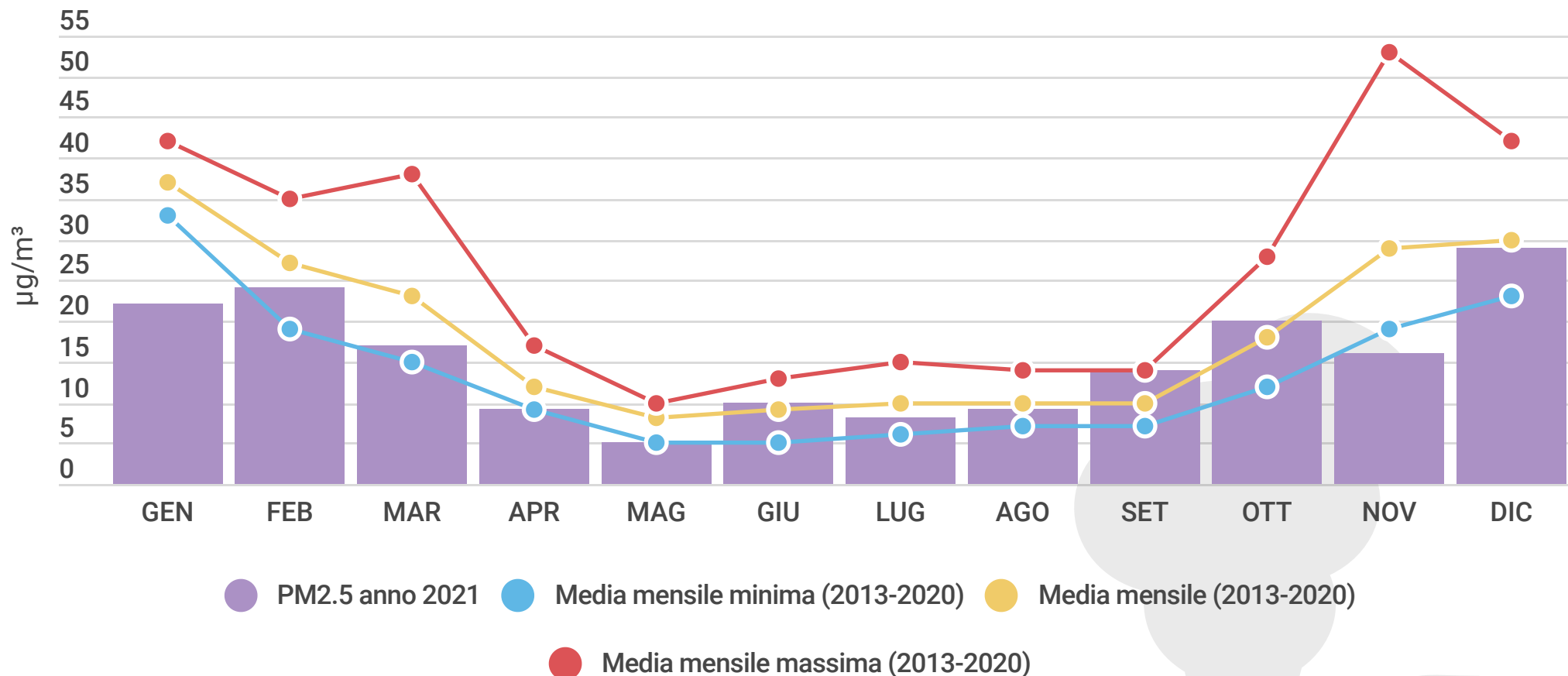
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

### 4.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 4.5.1 PM2.5

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2021



#### \*Definizioni

- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

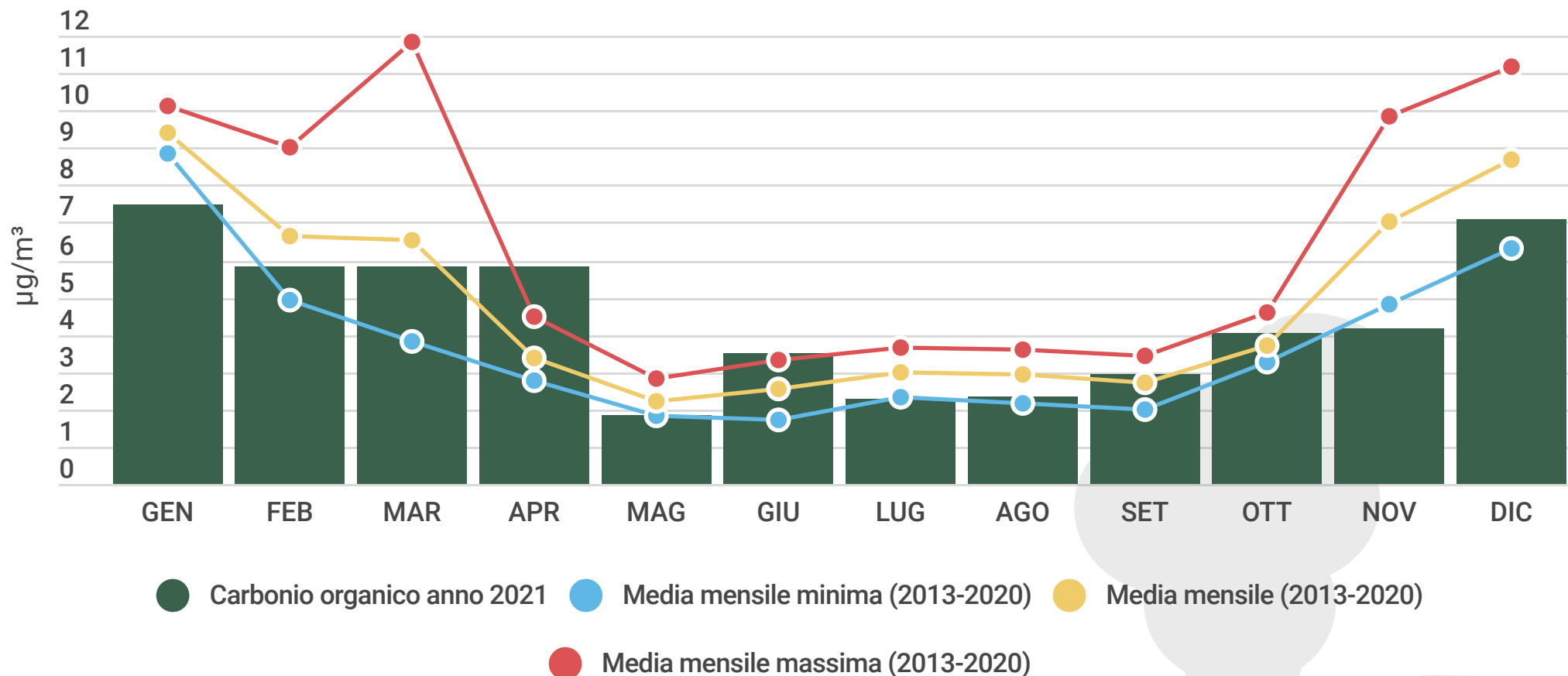


## 4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

### 4.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 4.5.2. Carbonio organico

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2021



#### \*Definizioni

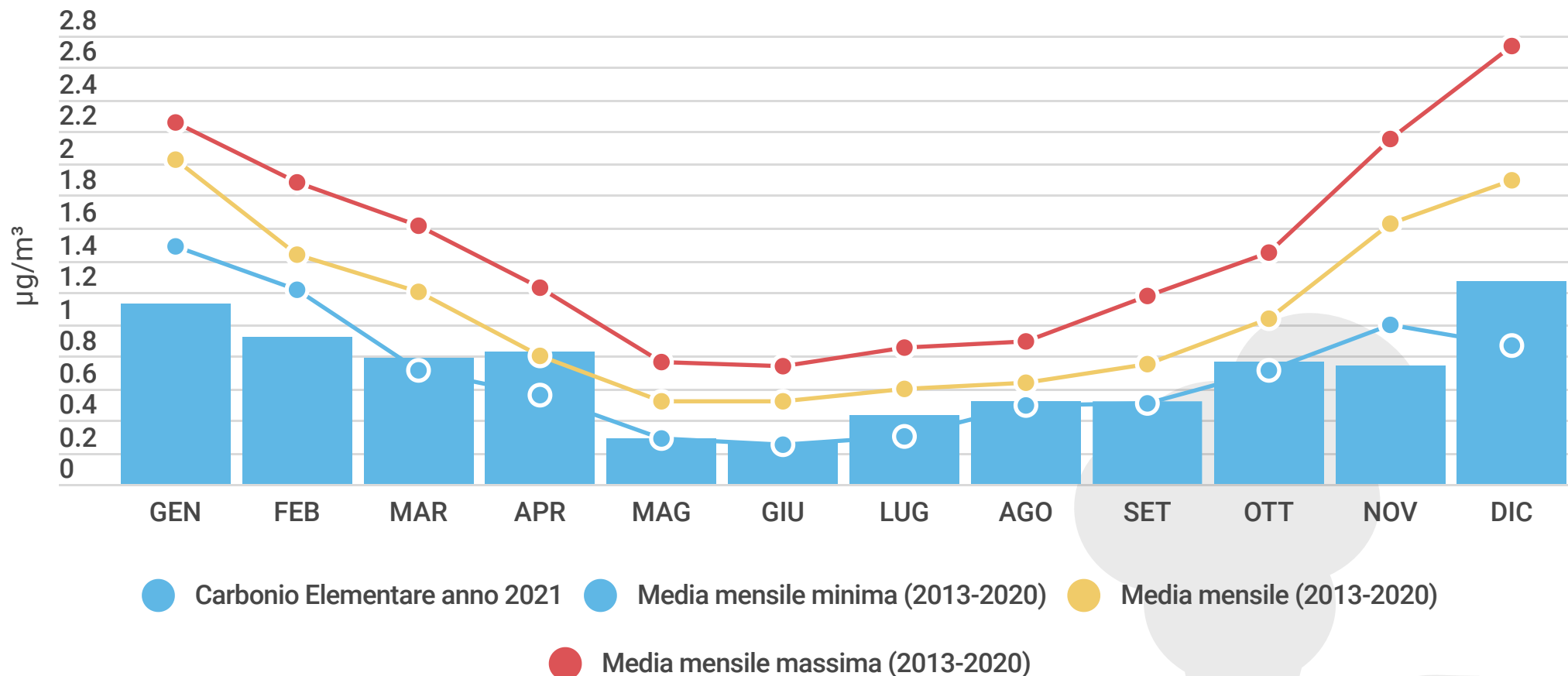
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

### 4.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 4.5.3. Carbonio elementare

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2021



#### \*Definizioni

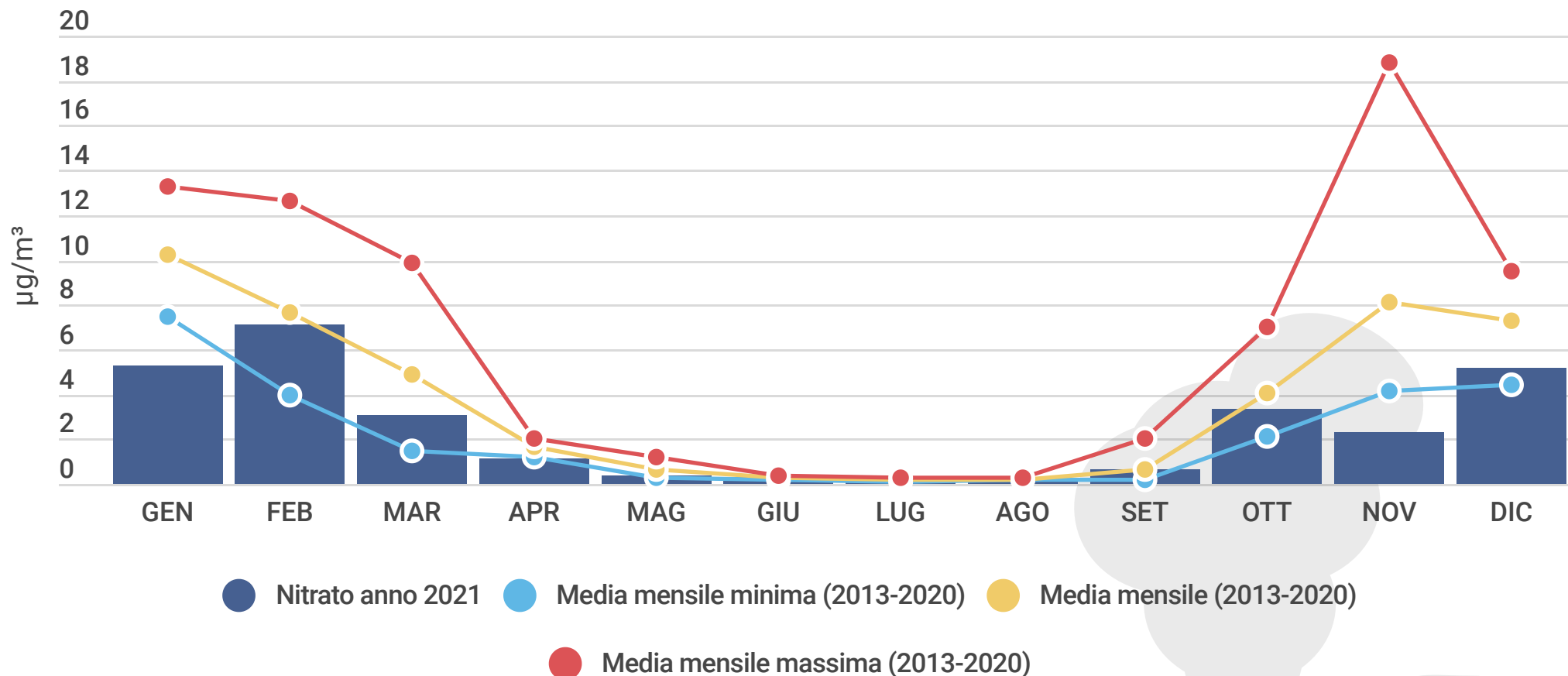
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

### 4.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 4.5.4. Nitrato

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2021



#### \*Definizioni

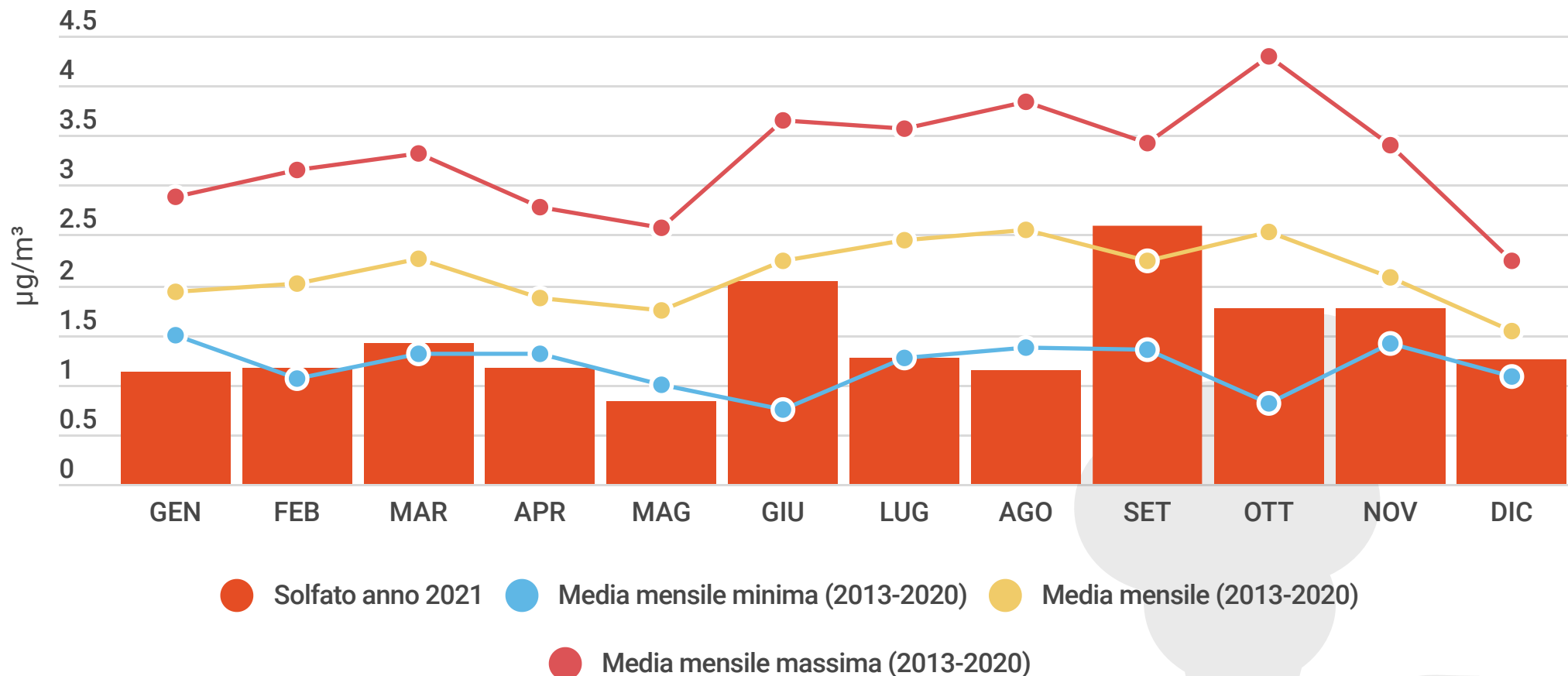
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

### 4.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 4.5.5. Solfato

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2021



#### \*Definizioni

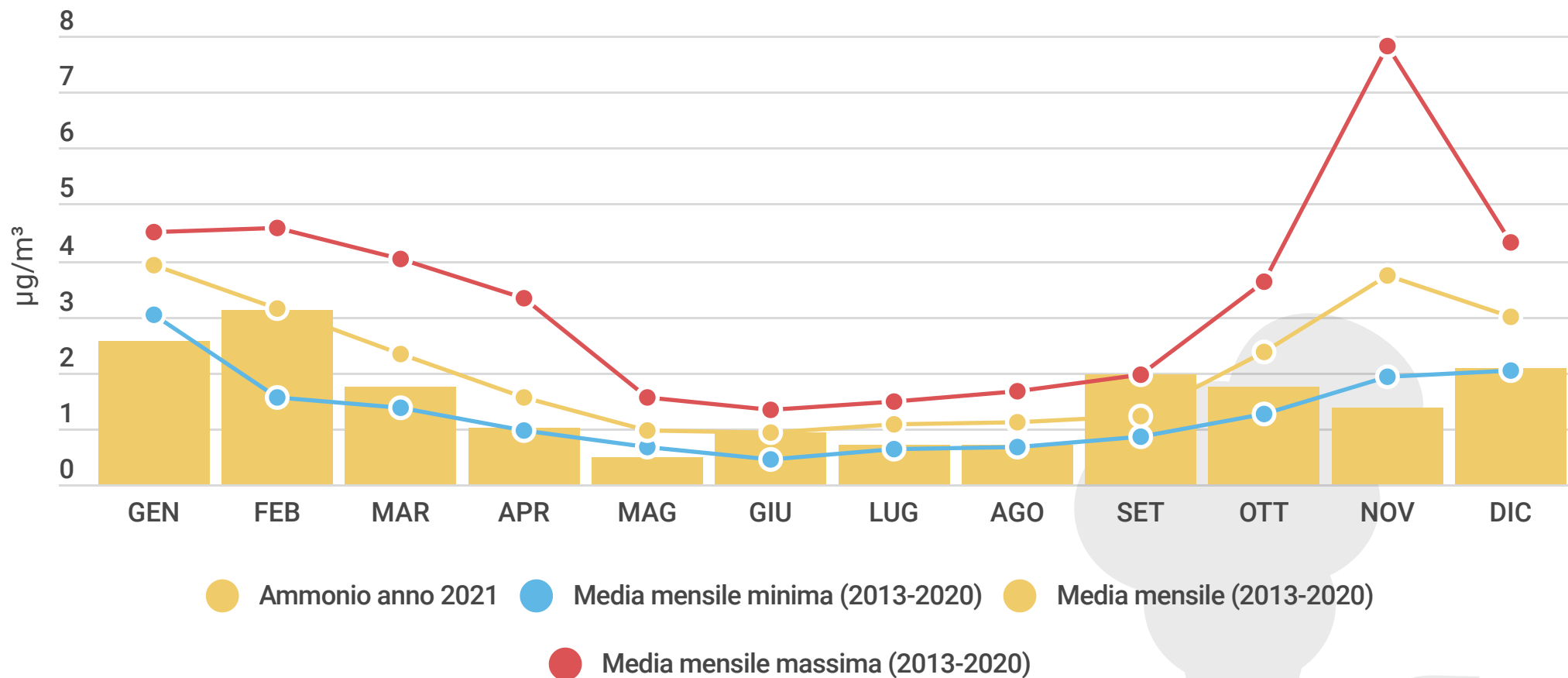
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 4. Le specie chimiche nel PM2.5 a Rimini

### 4.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 4.5.6. Ammonio

Stazione di Rimini Marecchia, anno 2021



#### \*Definizioni

- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

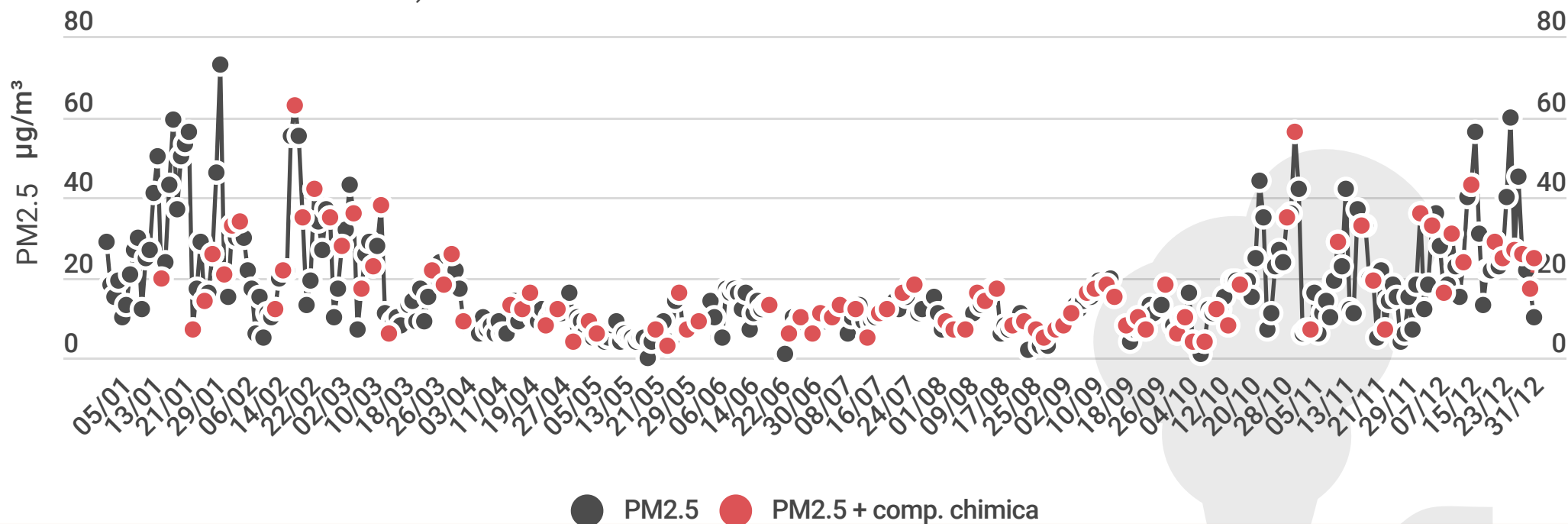
## 5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

### 5.1. Il PM2.5 nei dodici mesi del 2021 e i dati disponibili della composizione chimica

I dati analizzati provengono dai calcoli relativi ai campioni di PM2.5 disponibili: infatti non per tutti i giorni in cui è disponibile il valore del PM2.5 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 PM2.5.

Nel grafico di seguito è rappresentato l'andamento del PM2.5 giornaliero nei 12 mesi nelle stazioni. In rosso sono visualizzati i giorni nei quali è stata effettuata, oltre alla misura del PM2.5, anche l'analisi della composizione chimica del particolato. In grigio sono rappresentati i giorni nei quali non è disponibile l'analisi chimica.

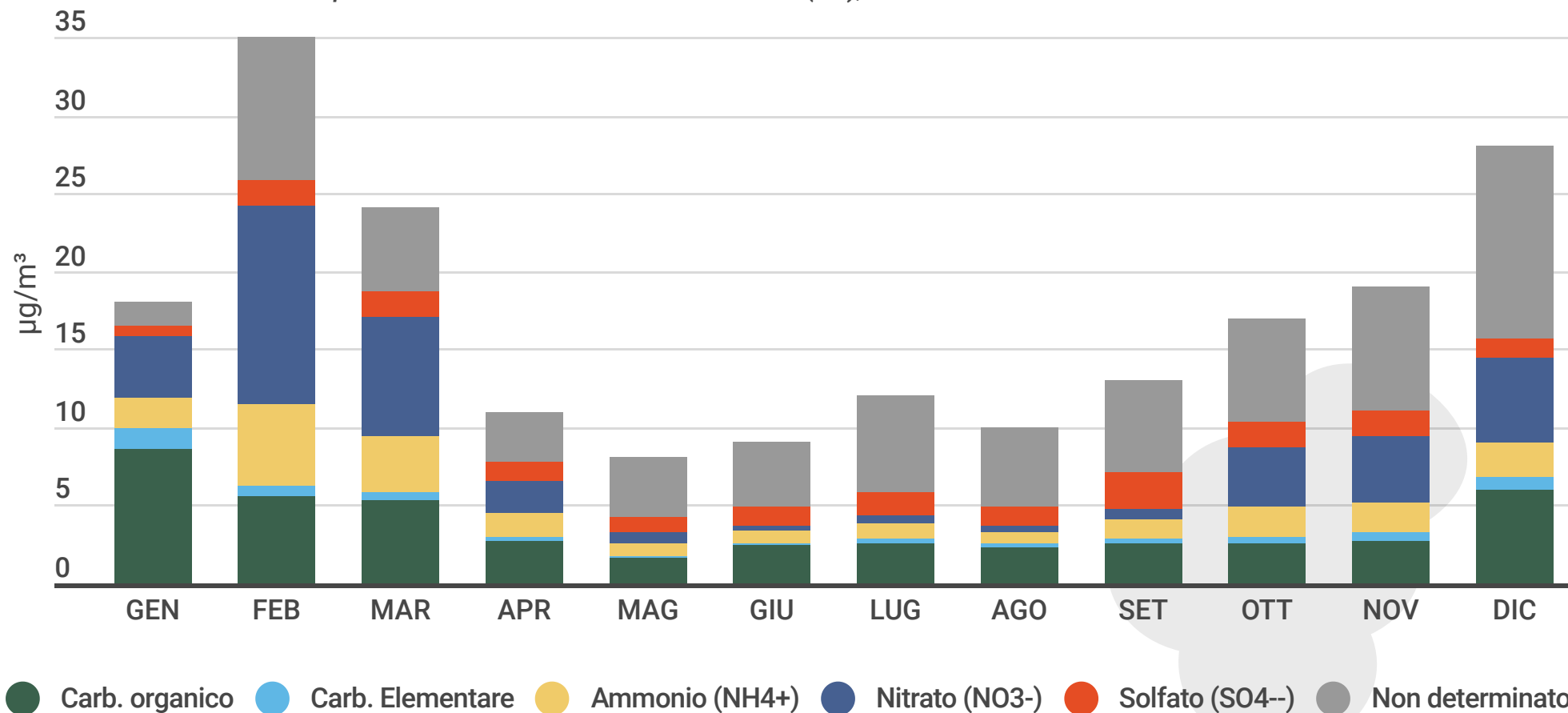
I giorni in cui sono state eseguite le analisi in laboratorio della composizione chimica sono stati scelti precedentemente al campionamento, per poter rappresentare in modo omogeneo i giorni della settimana e l'alternanza dei giorni feriali e festivi (a meno di malfunzionamenti strumentali).



## 5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

### 5.2. Gli andamenti nell'anno 2021

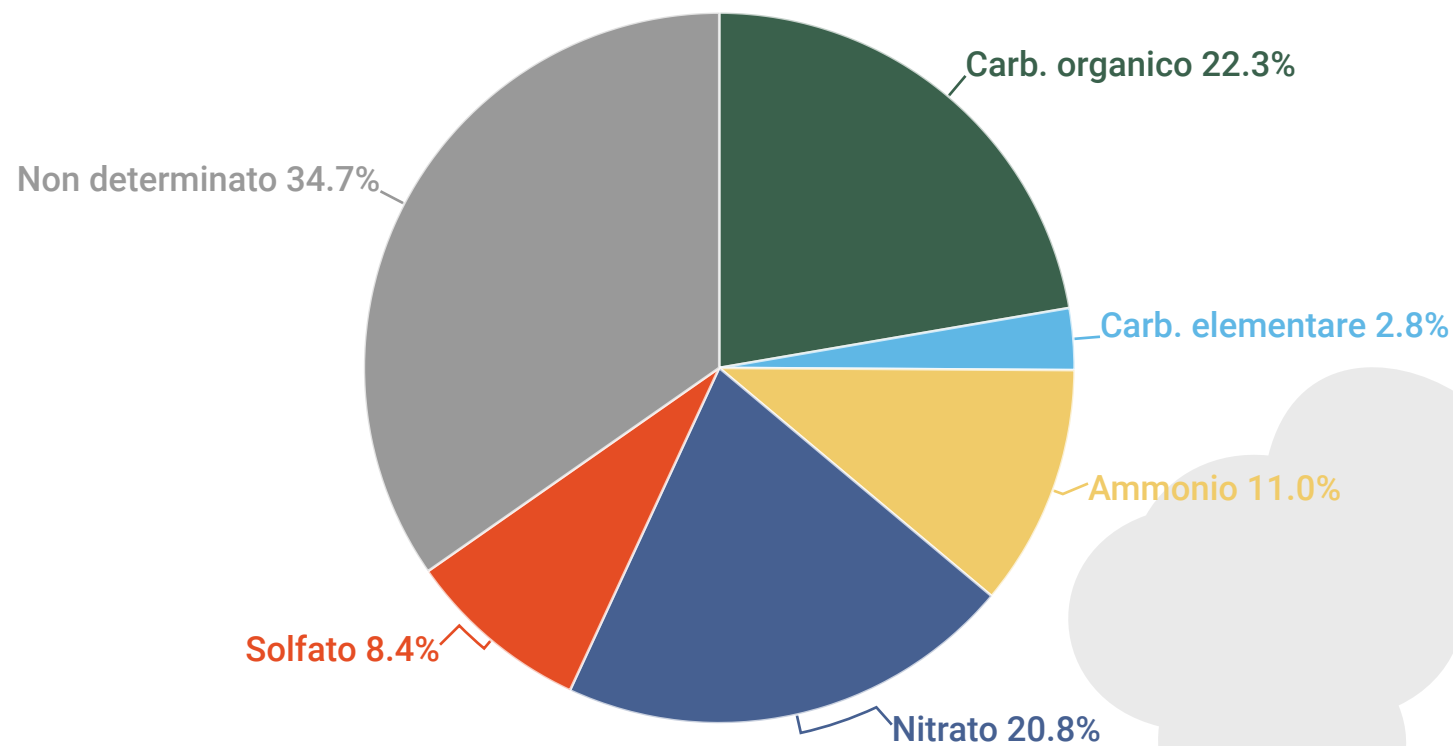
Andamento mensile delle specie in esame nella stazione di Molinella (BO), anno 2021



## 5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

### 5.3. Anno 2021 - Apporto percentuale delle principali specie chimiche al PM2.5

Percentuale delle specie in esame sul totale del PM2.5 nella stazione di Molinella (BO), anno 2021





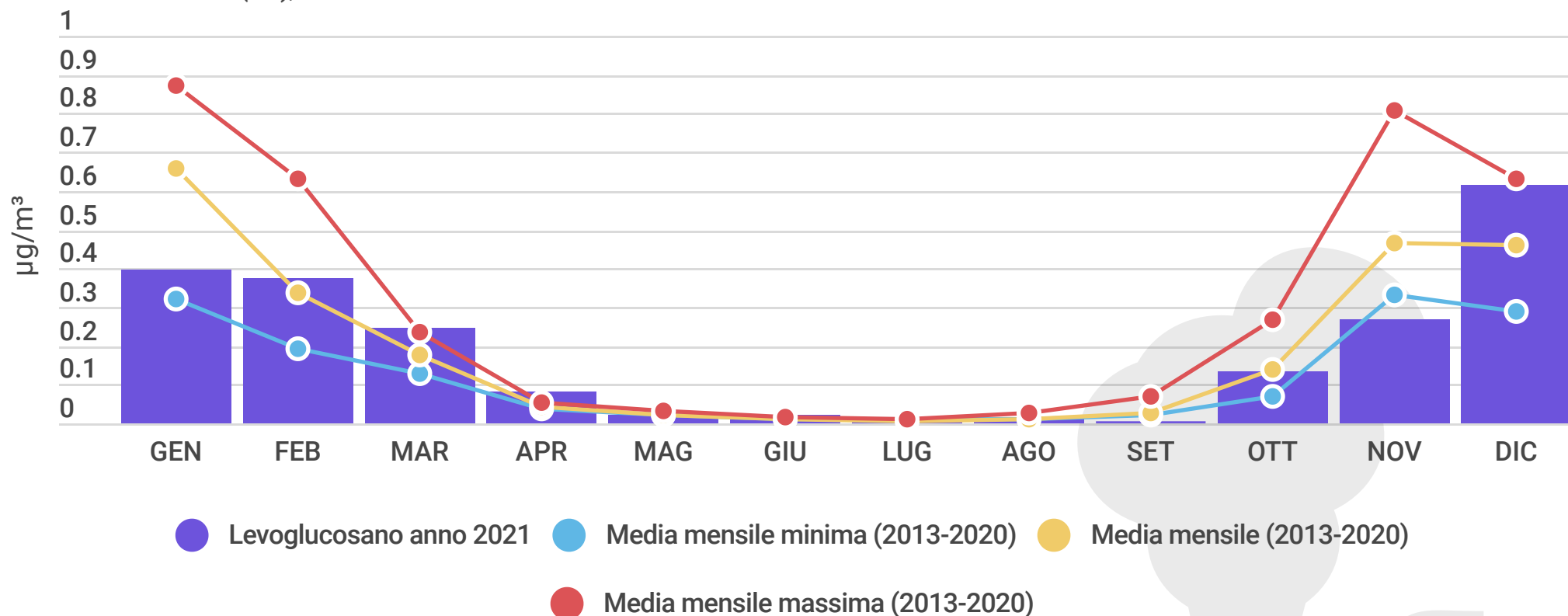
## 5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

### 5.4. Il levoglucosano nel 2021 a Molinella (BO) (e confronto con anni precedenti)

Il seguente grafico presenta un confronto fra i dati dell'inquinante rilevati nell'anno 2021 e i dati mensili degli anni compresi fra il 2013 e il 2020.

Come spiegato nel paragrafo 1.1 questo inquinante è interessante perché deriva esclusivamente dalla combustione della legna: pertanto fornisce indicazioni sul quantitativo di PM2.5 emesso da questa sorgente.

Stazione di Molinella (BO), anno 2021



#### \*Definizioni

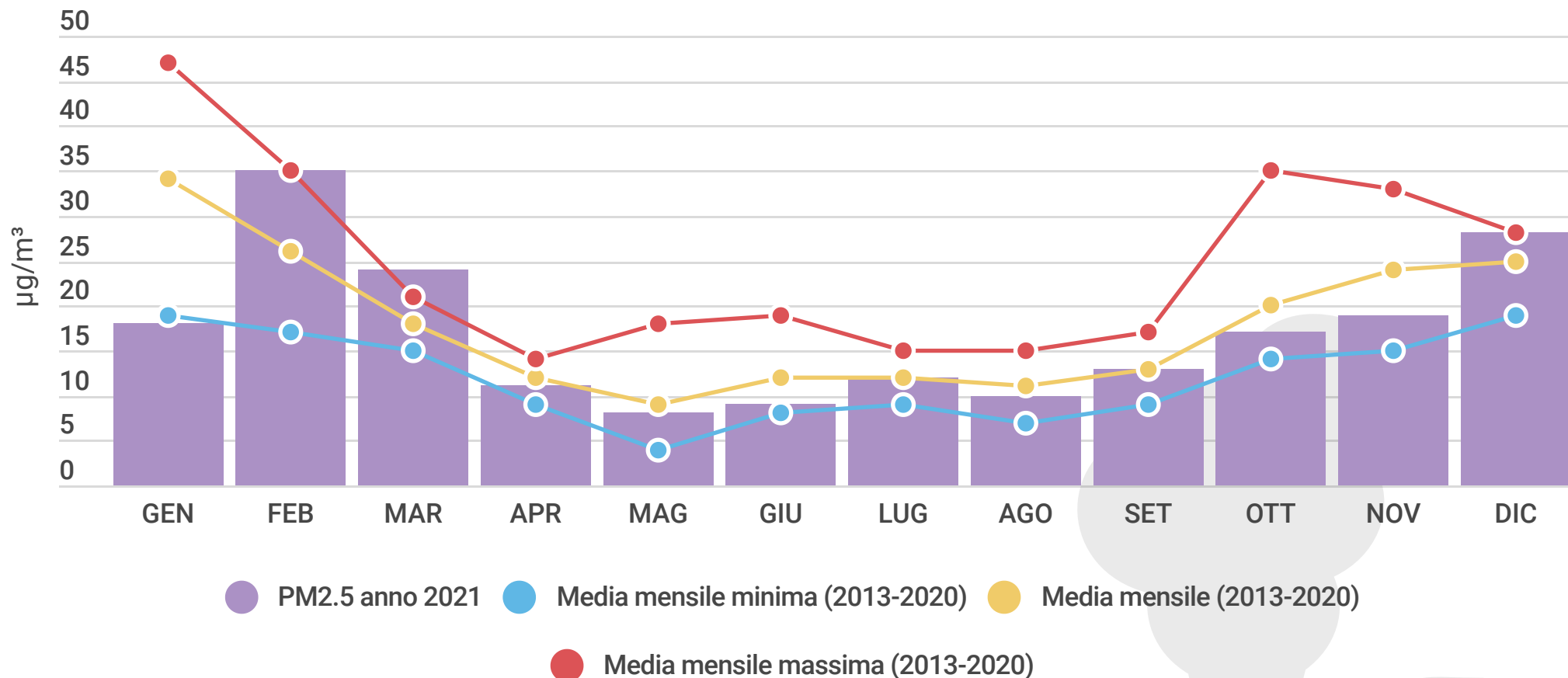
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

### 5.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 5.5.1 PM2.5

Stazione di Molinella (BO), anno 2021



#### \*Definizioni

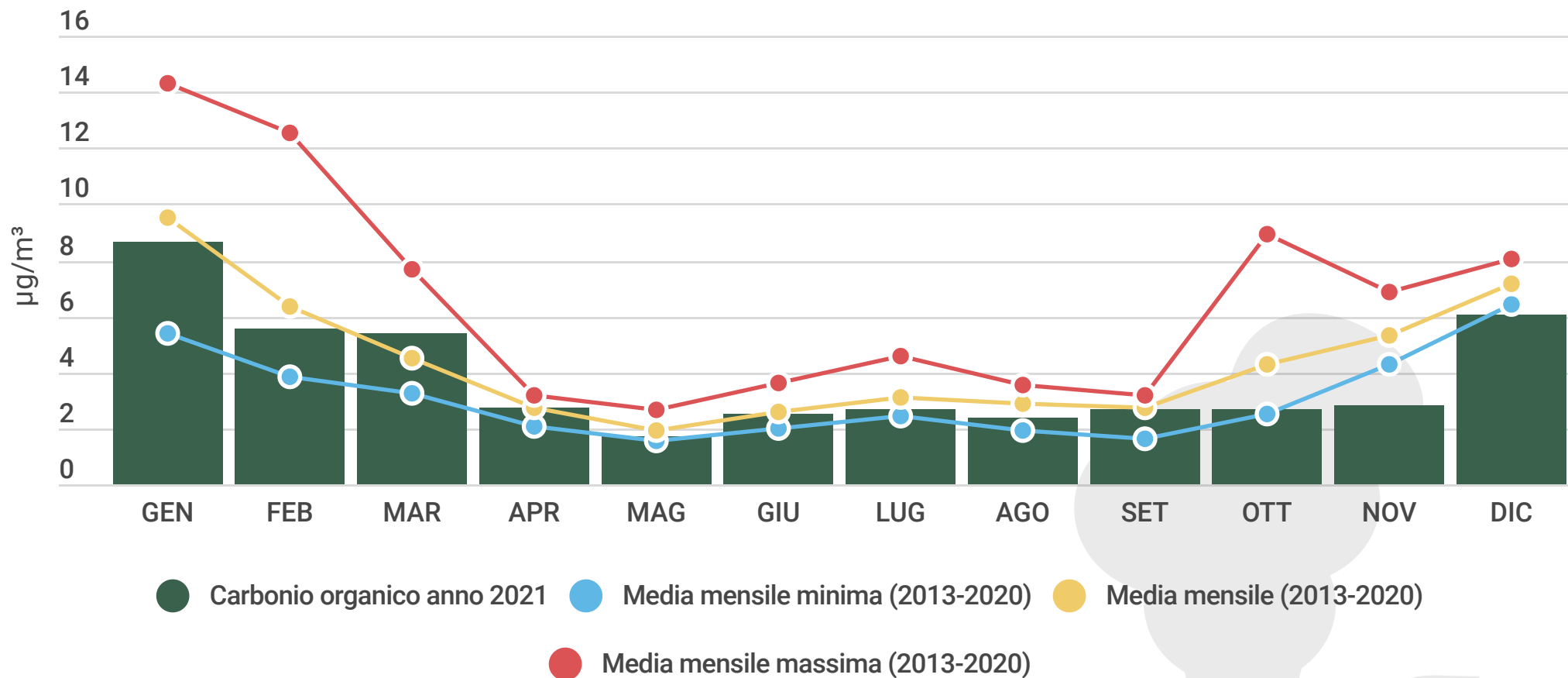
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

### 5.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 5.5.2 Carbonio organico

Stazione di Molinella (BO), anno 2021



#### \*Definizioni

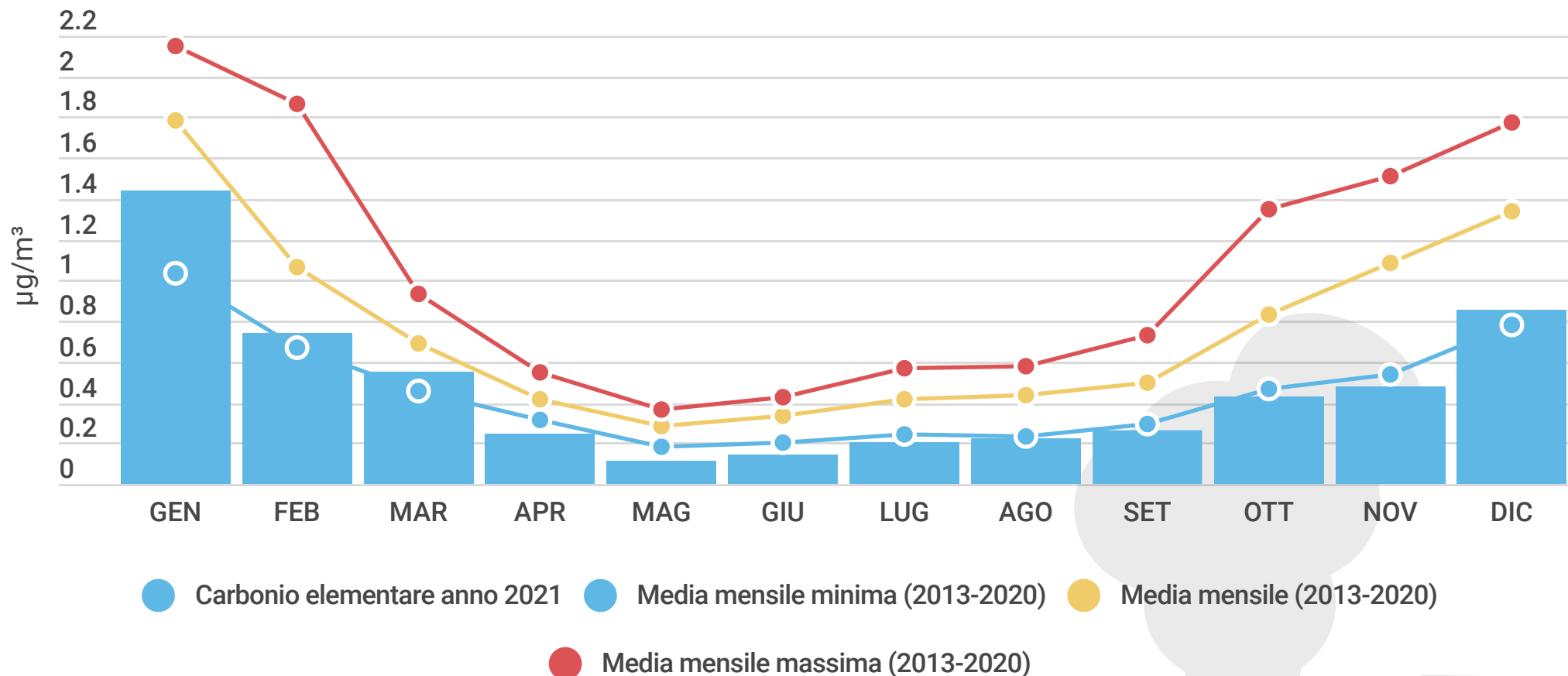
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

### 5.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 5.5.3. Carbonio elementare

Stazione di Molinella (BO), anno 2021



#### \*Definizioni

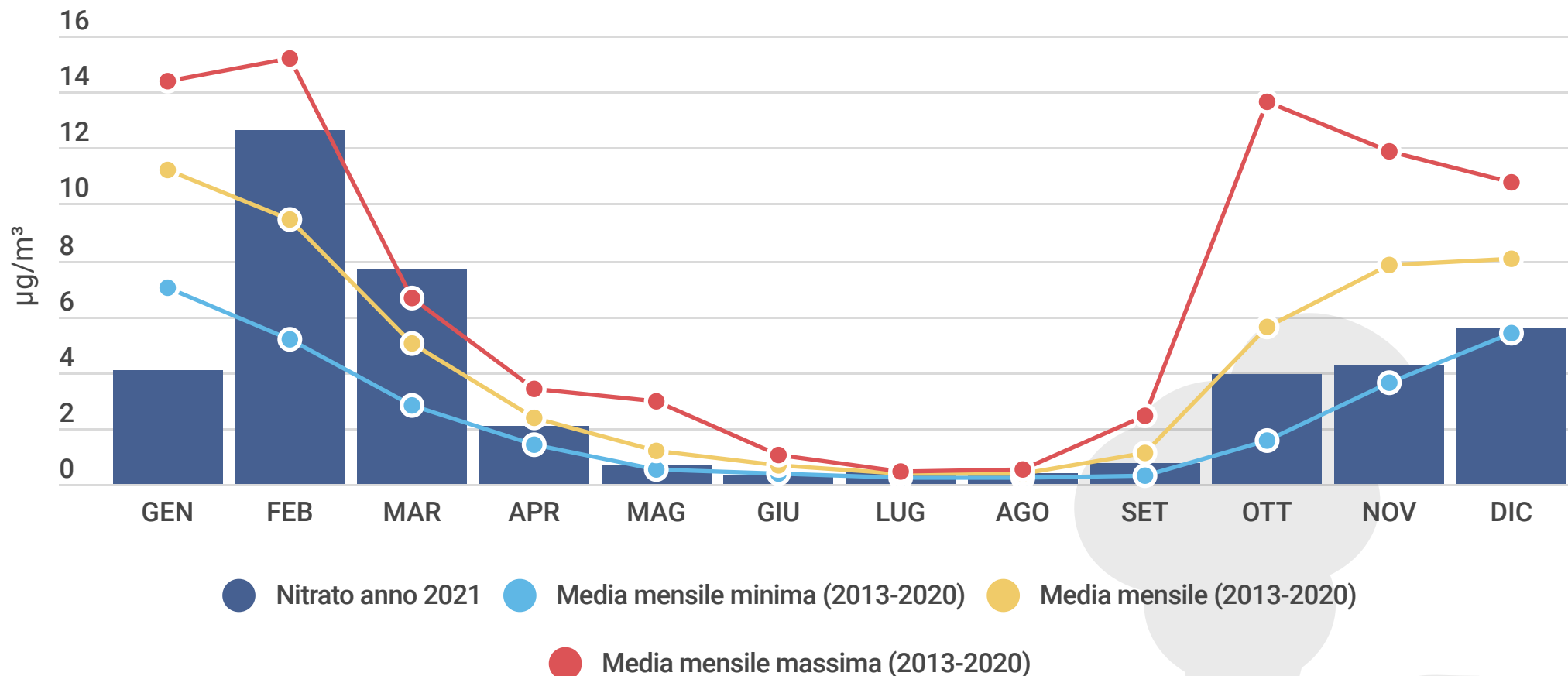
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

### 5.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 5.5.4. Nitrato

Stazione di Molinella (BO), anno 2021



#### \*Definizioni

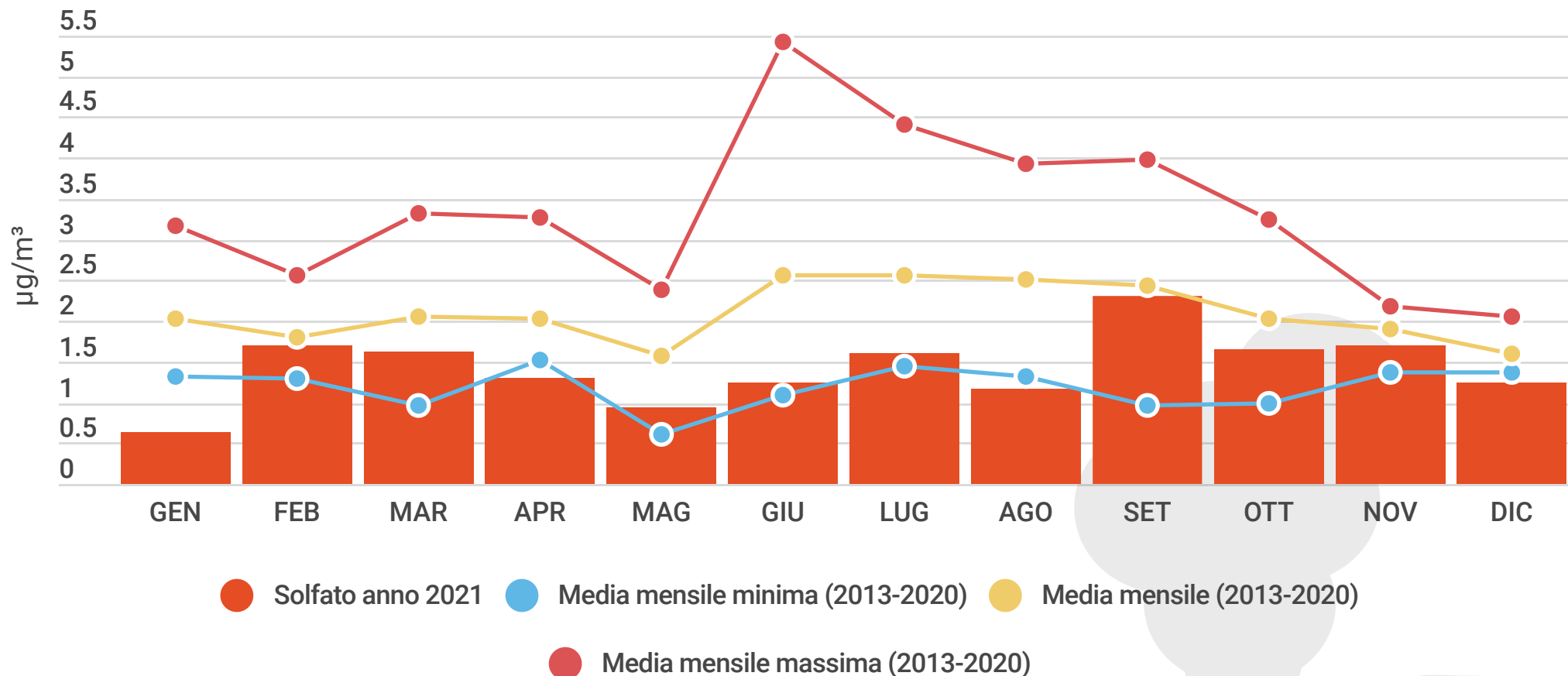
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

### 5.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 5.5.5. Solfato

Stazione di Molinella (BO), anno 2021



#### \*Definizioni

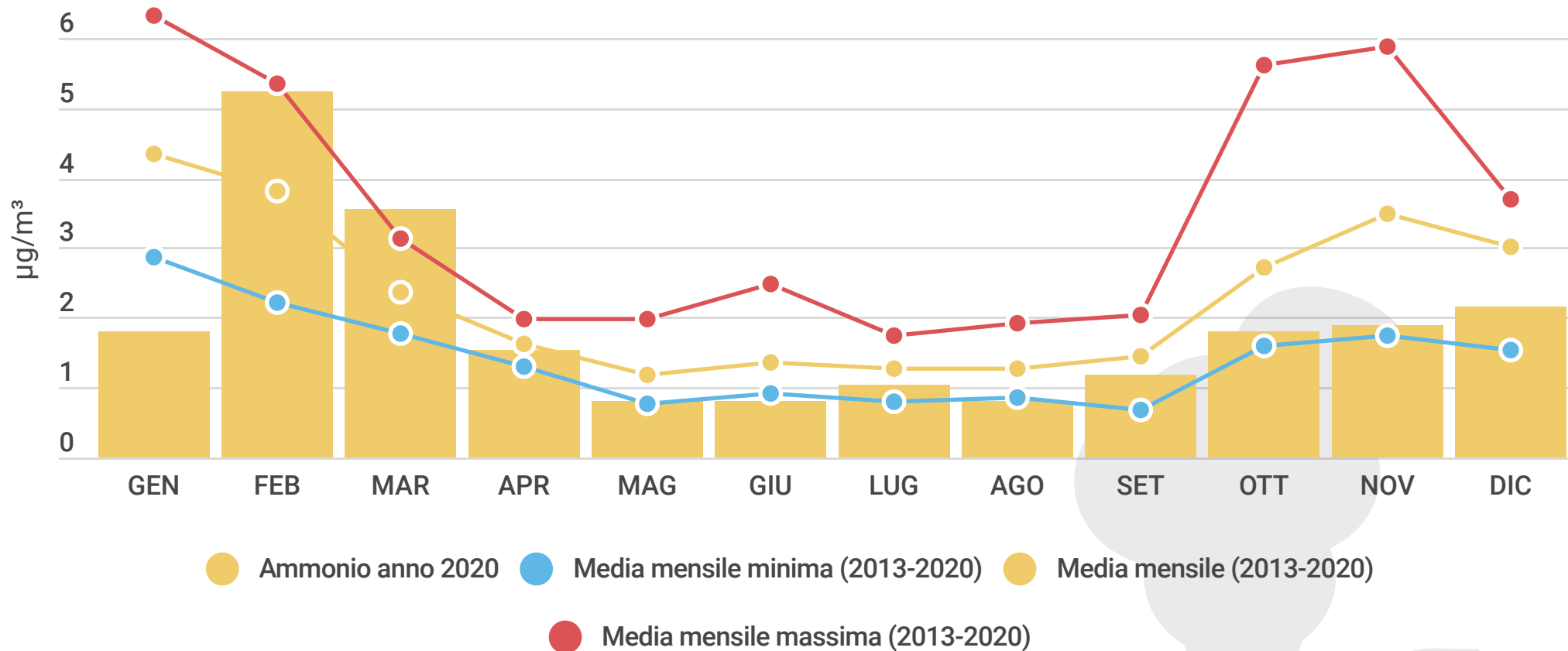
- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 5. Le specie chimiche nel PM2.5 a Molinella (BO)

### 5.5. Confronto della concentrazione delle specie chimiche con le concentrazioni medie degli anni precedenti

#### 5.5.6. Ammonio

Stazione di Molinella (BO), anno 2021



#### \*Definizioni

- Media mensile minima: valore minimo fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile: valore medio fra le medie calcolate per quel mese
- Media mensile massima: valore massimo fra le medie calcolate per quel mese

## 6. Discussione

---

### Inquadramento meteorologico

Dal punto di vista meteorologico il 2021 è stato singolare: è stato infatti il quarto anno più secco dal 1961 (o anche il primo, se si considera il solo periodo dal mese di marzo in poi), con la primavera (mesi di marzo, aprile, maggio) più fredda degli ultimi 30 anni.

### Composizione

Le specie chimiche presenti nel particolato PM2.5 oggetto dello studio, così come la massa del PM2.5 stesso, hanno mostrato per lo più valori contenuti in tutti i siti, valori che nella maggior parte dei casi sono inferiori alla media della serie storica.

Il carbonio organico è la specie che ha mostrato i numeri maggiormente in linea con i dati storici, come anche il levoglucosano che, per il solo mese di gennaio a Bologna, è stato anche superiore alla media.

Ammonio e nitrato, le componenti che maggiormente caratterizzano il particolato invernale secondario (che non viene cioè emesso direttamente ma si forma in atmosfera), hanno mostrato invece valori contenuti rispetto agli anni precedenti.

Specie come il carbonio elementare e il solfato hanno confermato il trend di diminuzione verificatosi da alcuni anni a questa parte. È possibile che queste basse concentrazioni siano state conseguenza delle azioni messe in campo per combattere la diffusione del Covid-19, come ad esempio l'istituzione di alcune "zone rosse" a inizio 2021 o come il diffondersi della modalità di lavoro in "smart working" che ha limitato gli spostamenti casa-lavoro.

I valori medi del 2021 delle specie chimiche analizzate in questo Report, ad esclusione del levoglucosano, risultano minori in tutti i siti, inferiori anche ai rispettivi valori medi del 2020. Questa particolarità si è verificata nonostante l'imposizione del "lockdown totale" che ha caratterizzato la primavera del 2020 e che ha comportato una riduzione di alcune delle principali sorgenti del particolato, soprattutto del traffico.

Ciò può essere spiegato con il fatto che i mesi precedenti l'inizio della pandemia (gennaio e, in parte, febbraio 2020) avevano registrato valori molto elevati sia della massa di PM che delle specie chimiche che lo compongono.

Confrontando i mesi da marzo in poi, le concentrazioni medie del 2020 e del 2021 risultano invece piuttosto simili.

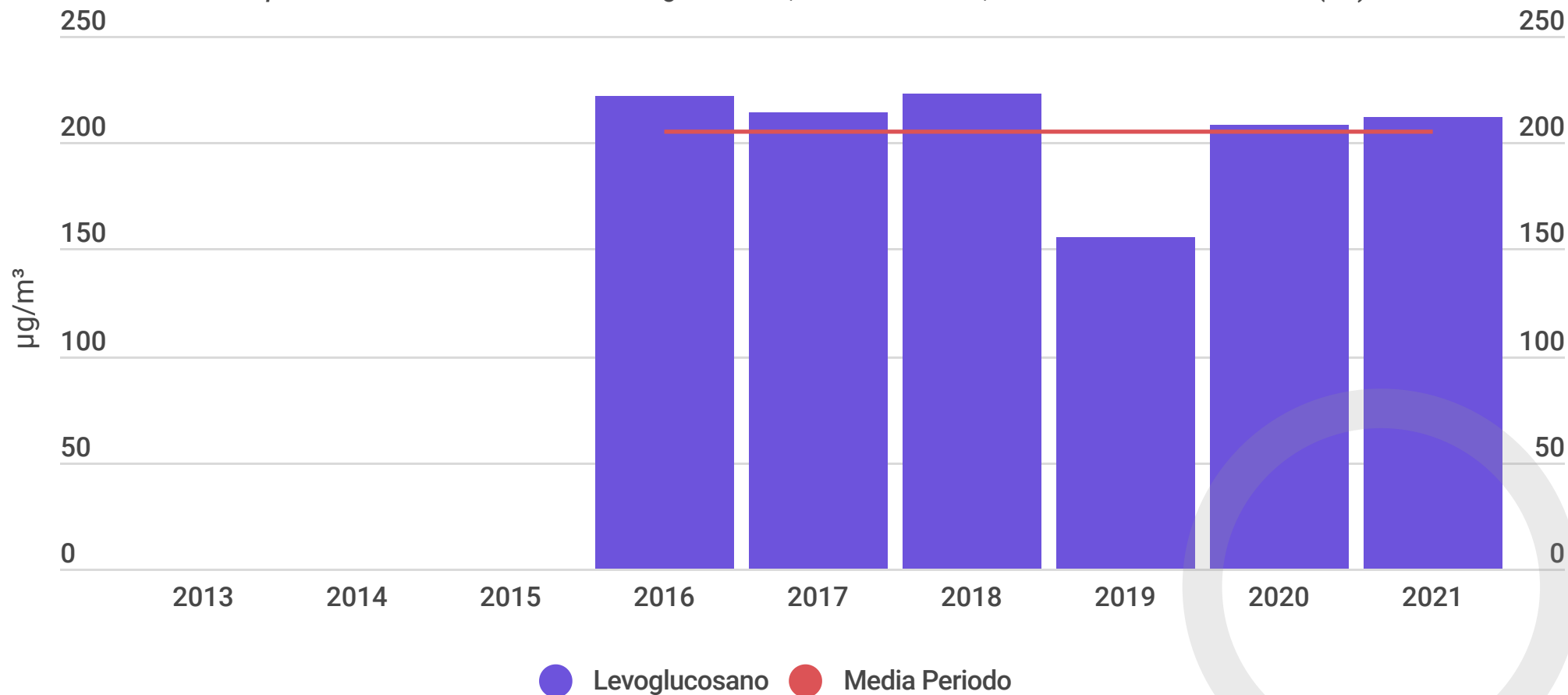
Le maggiori differenze permangono per le specie chimiche ammonio e nitrato: probabilmente ciò è stata la conseguenza di un evento di accumulo di particolato secondario di eccezionale intensità verificatisi nel novembre del 2020.



## 6. Discussione

### 6.1.1. Medie negli anni - Levoglucosano

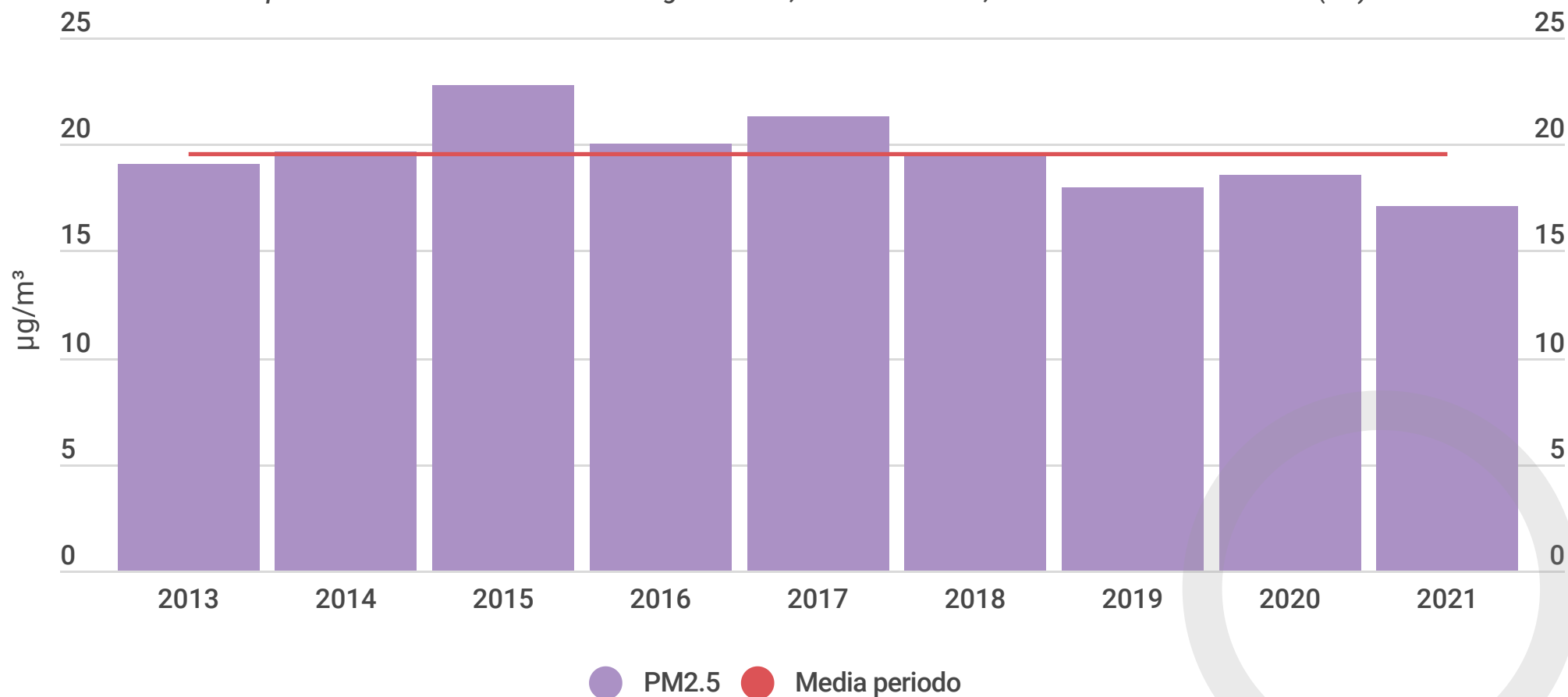
Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



## 6. Discussione

### 6.1.2. Medie negli anni - PM2.5

Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



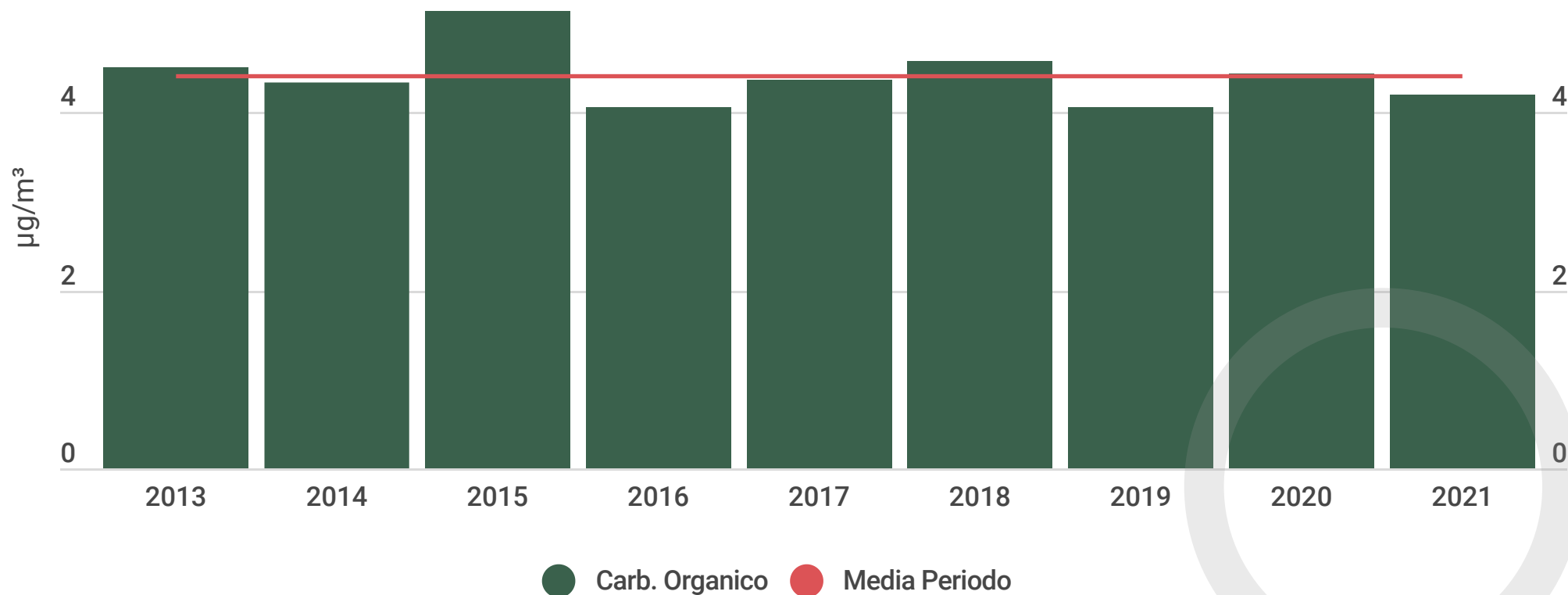
## 6. Discussione

### 6.1.3. Medie negli anni - Carbonio organico

Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)

6

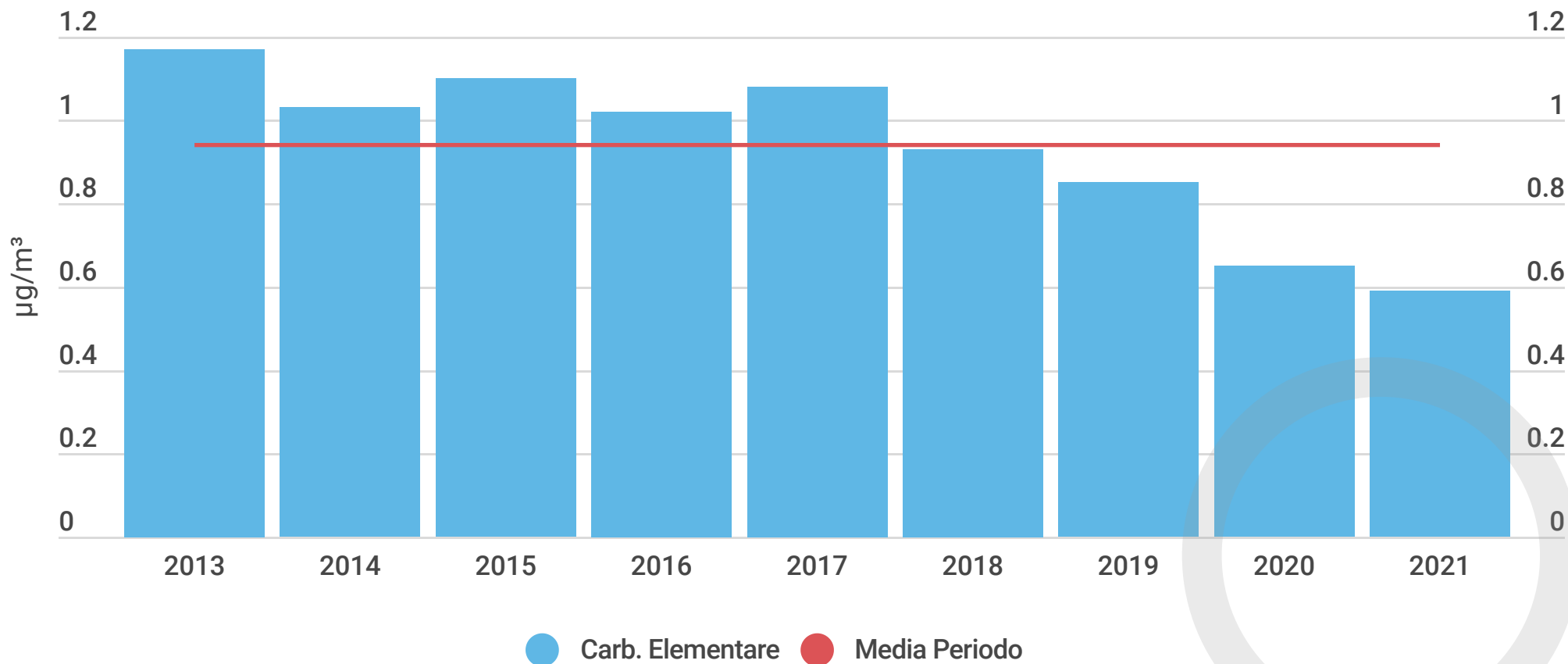
6



## 6. Discussione

### 6.1.4. Medie negli anni - Carbonio elementare

Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



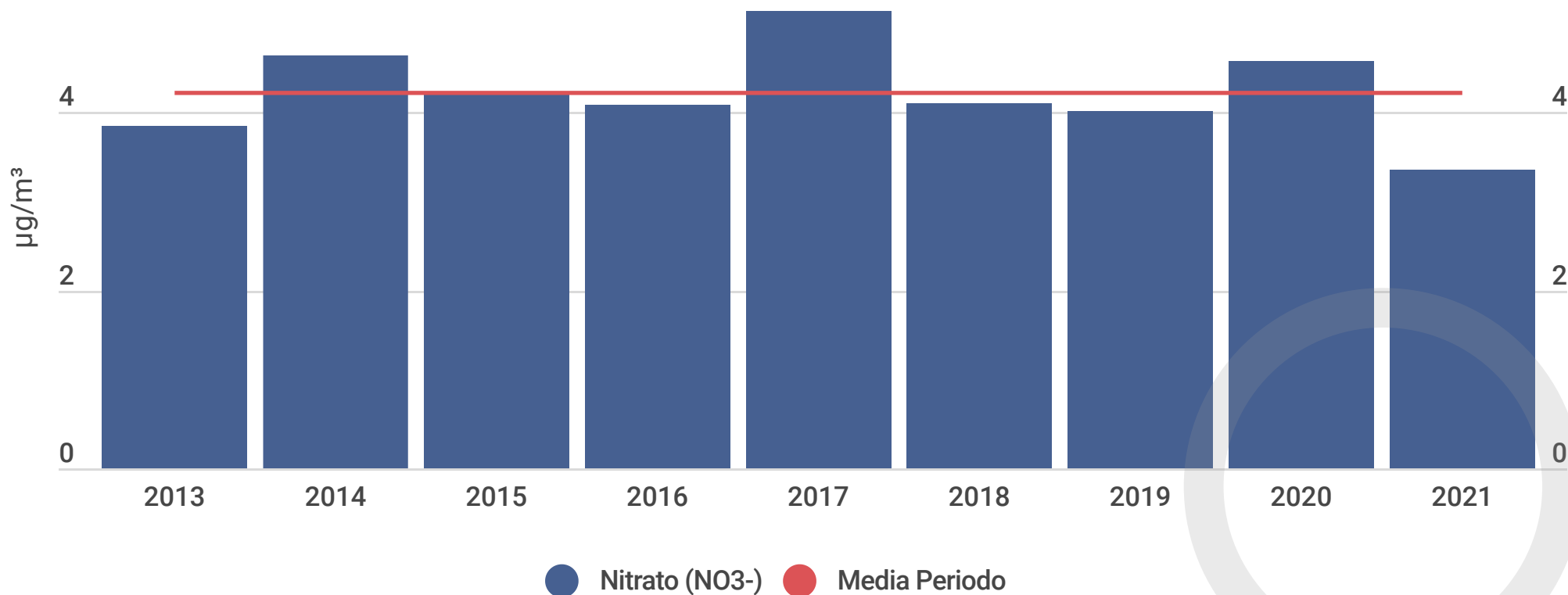
## 6. Discussione

### 6.1.5. Medie negli anni - Nitrato

Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)

6

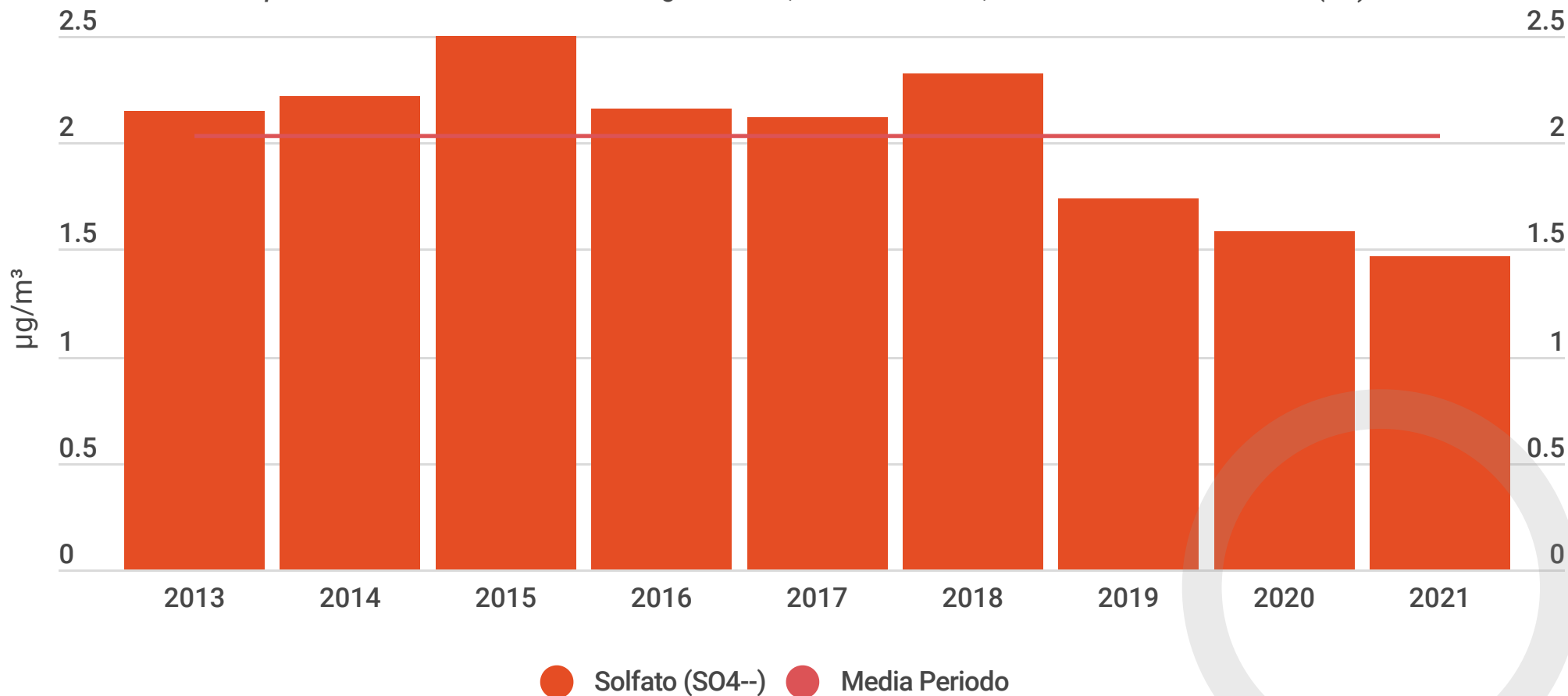
6



## 6. Discussione

### 6.1.6. Medie negli anni - Solfato

Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



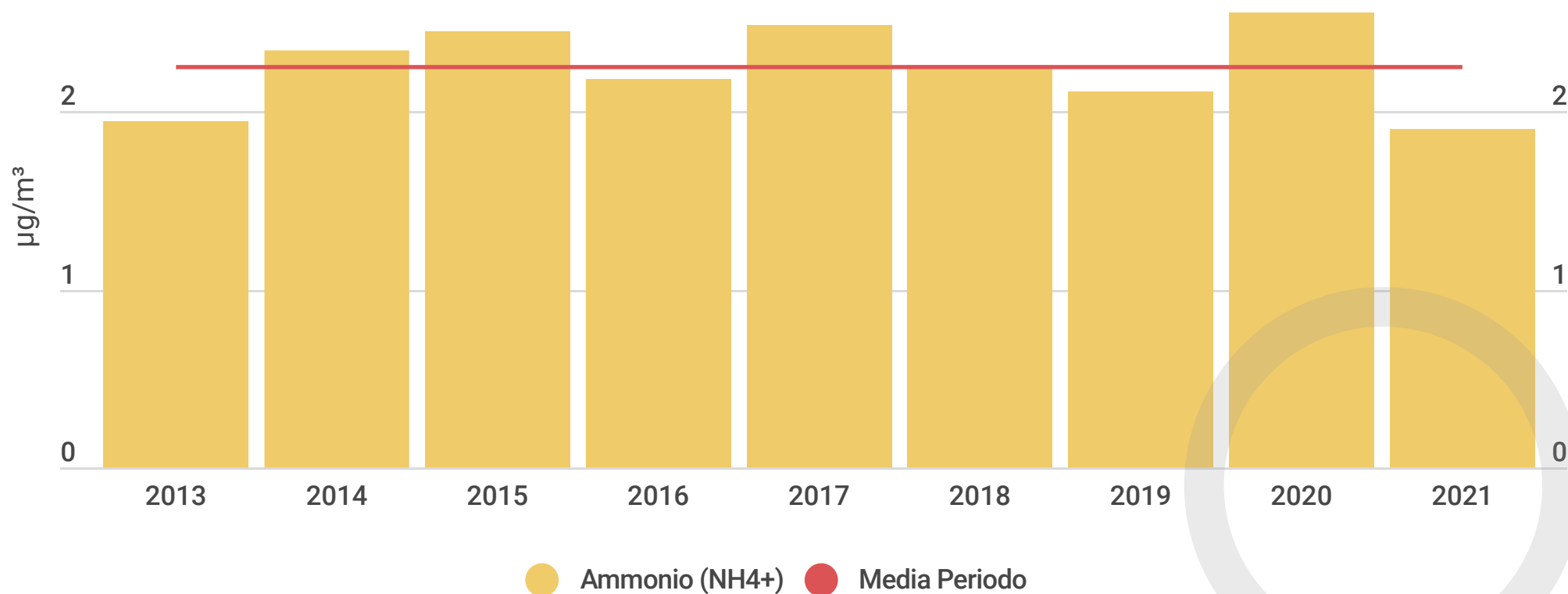
## 6. Discussione

### 6.1.7. Medie negli anni - Ammonio

Medie annuali delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)

3

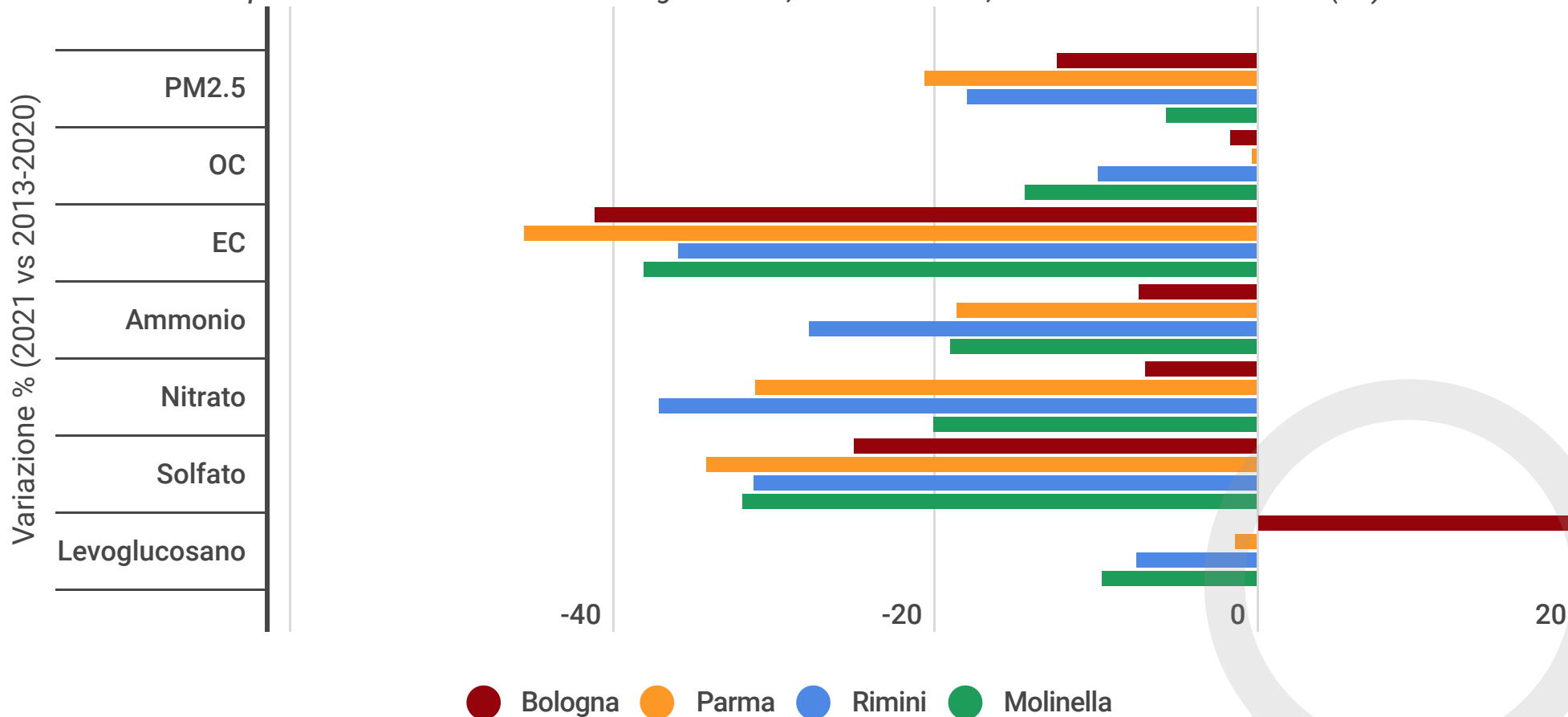
3



## 6. Discussione

### 6.2.1. Variazione percentuale - 2021 vs 2013-2020

Variazione % delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)

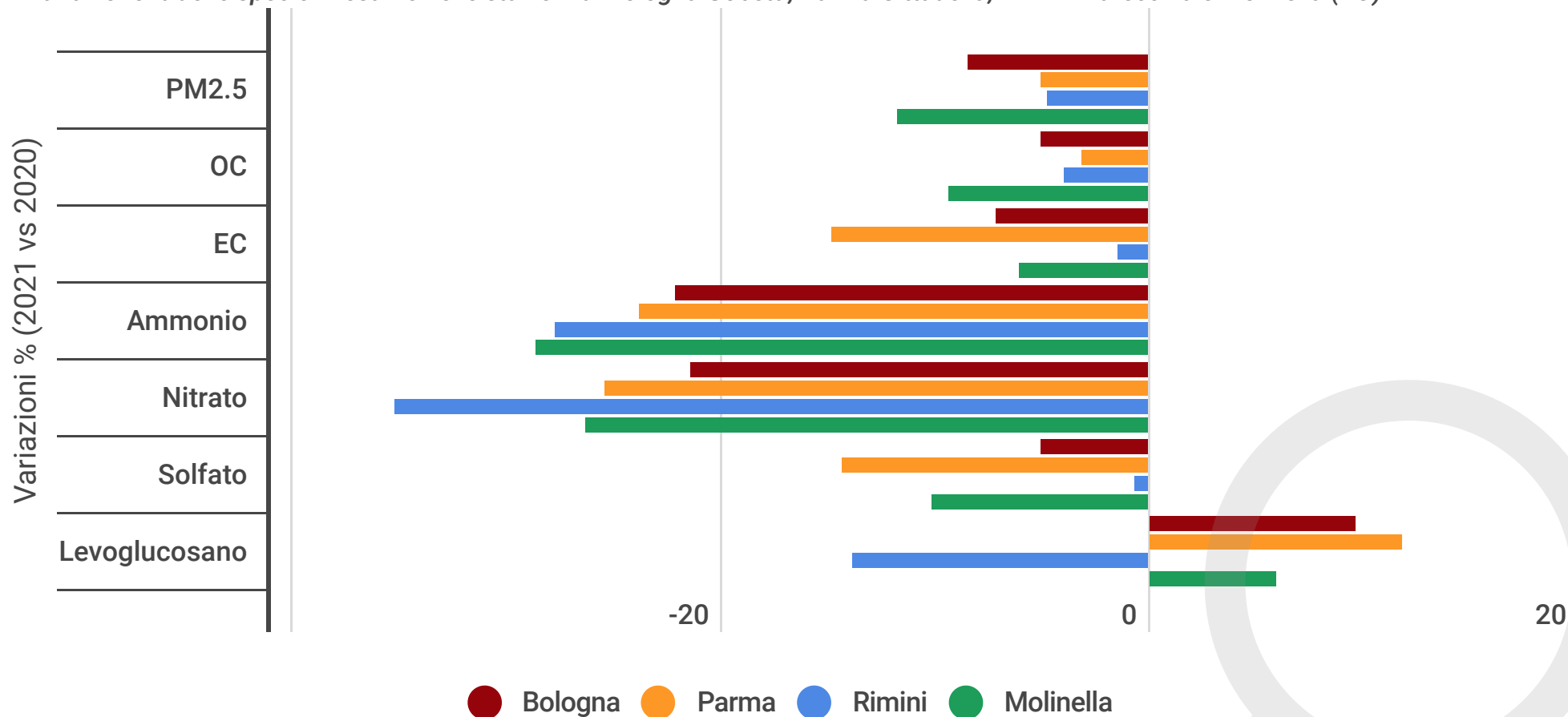




## 6. Discussione

### 6.2.2. Variazione percentuale - 2021 vs 2020

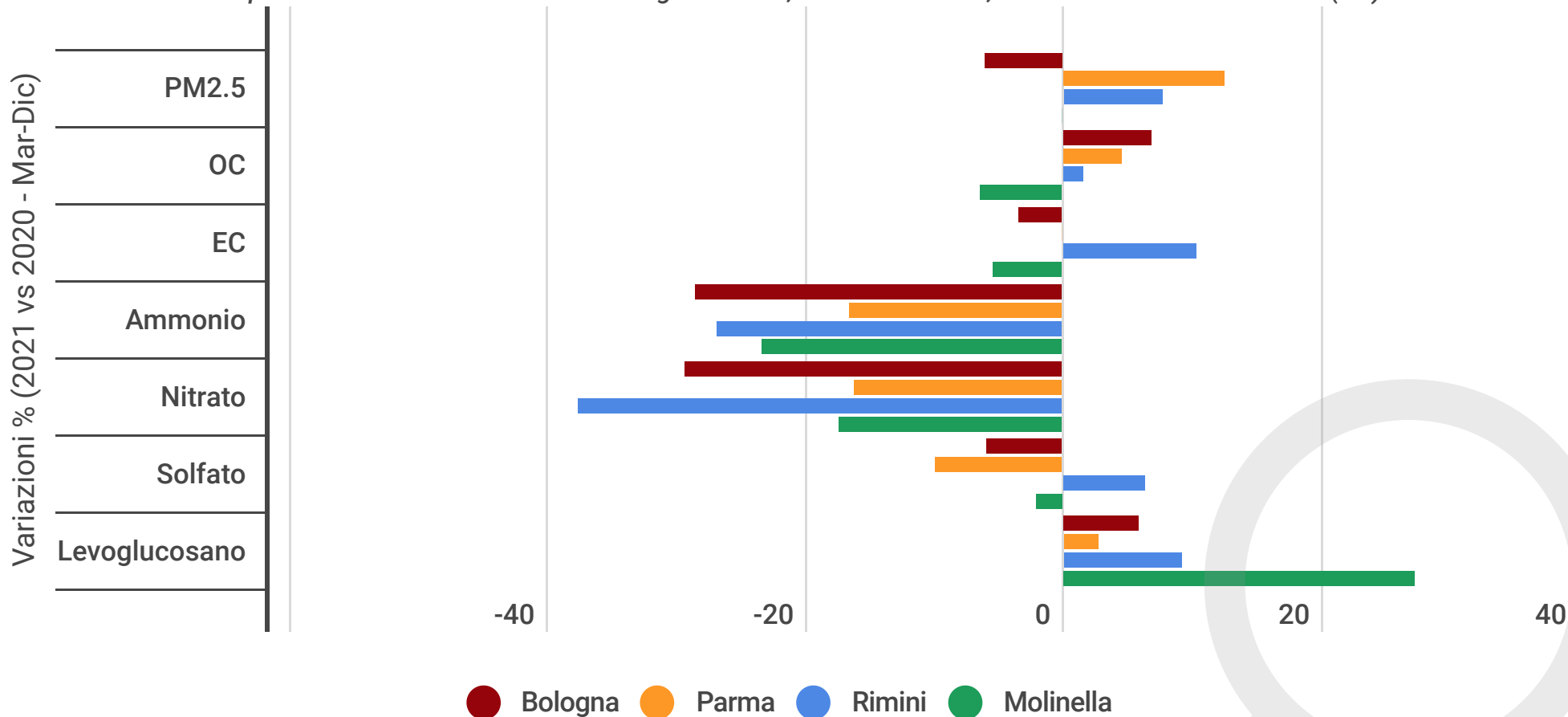
Variazione % delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



## 6. Discussione

### 6.2.3. Variazione percentuale - 2021 vs 2020 - marzo-dicembre

Variazione % delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)



## 6. Discussione

### 6.2.4. Variazione percentuale - 2021 vs 2020 Nitrato

Variazione % delle specie in esame nelle stazioni di Bologna Gobetti, Parma Cittadella, Rimini Marecchia e Molinella (BO)

