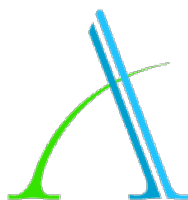


REPORT CAMPAGNE DI MONITORAGGIO CON MEZZO MOBILE

TIVOLI (RM)



ARPALAZIO

AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO

Anno 2019

1 Posizione, data e luogo del monitoraggio

<i>Comune</i>	Tivoli (RM)
<i>Località</i>	Tivoli (RM)
<i>Coordinate</i>	Latitudine: 41,953757° Longitudine: 12,772377°
<i>Durata Campagne</i>	I° dal 30 mar. al 05 mag. 2019 II° dal 26 set. al 27 ott. 2019
<i>Mezzo mobile utilizzato</i>	I° Mezzo Mobile 72 - 2 II° Mezzo Mobile 72 - 2
<i>Redazione documento</i>	Gennaio 2020



Figura 1: Posizionamento del laboratorio mobile nel Comune

2 Scopo del monitoraggio

Il monitoraggio della qualità dell'aria della Regione Lazio viene realizzato impiegando congiuntamente l'insieme degli strumenti previsti dalla normativa (d.lgs. 155/2010 e s.m.i.):

- la rete fissa di monitoraggio;
- le catene modellistiche (forecast e near-realtime);
- le misure indicative;
- i metodi oggettivi di tipo statistico.

Le misure indicative vengono realizzate attraverso il monitoraggio effettuato con i mezzi mobili che sono dotati degli stessi analizzatori installati presso le stazioni della rete fissa.

Il monitoraggio realizzato con i mezzi mobili viene effettuato per indagare porzioni di territorio più o meno distanti dai punti fissi di misura con lo scopo di aumentare e migliorare la conoscenza dello stato della qualità dell'aria sul territorio regionale.

La differenza sostanziale tra le misure della rete di monitoraggio fissa e le misure indicative è la continuità temporale. Nel primo caso la copertura temporale è continua (ad eccezione di problemi strumentali), nel secondo caso è inevitabilmente legata alla durata della campagna di misura che, nell'arco di 1 anno civile, deve coprire almeno il 14 %.

Le campagne hanno quindi generalmente una durata media di circa due mesi (suddivisi tra il periodo invernale e quello estivo), e sono realizzate in base ad una programmazione annuale, che talvolta deve essere rivista alla luce di eventuali richieste da parte di altre amministrazioni, dell'autorità giudiziaria e del verificarsi di emergenze ambientali quali ad esempio gli incendi.

Nella Tabella 1 sono riportate le dotazioni strumentali del laboratorio mobile.

Tabella 1: Dotazione strumentale utilizzata per la campagna di misura

Strumento	Modello	Principio Chimico-Fisico	M.M.
NO _x	<i>API 200 E</i>	Chemiluminescenza	X
SO ₂	<i>API 100 E</i>	Fluorescenza UV	X
POLVERI PM10	<i>SWAM 5a Dual Channel</i>	Det. grav. att. β	X
POLVERI PM2.5	<i>SWAM 5a Dual Channel</i>	Det. grav. att. β	X
O ₃	<i>API 400 E</i>	Fotometria UV	X
CO	<i>THERMO 48i IR</i>	Assorbimento IR	
BTEX	<i>Chromatotec</i>	Cromatografia PID	X

3 Inquadramento meteorologico

Si riportano nelle schede seguenti i parametri meteorologici registrati durante le campagne di monitoraggio che costituiscono elementi a supporto dell'analisi dei dati di inquinamento misurati.

- I° Campagna

ANAGRAFICA

zona: vedi pg. 2

periodo: dal 2019-03-30 al 2019-05-05

giorni di monitoraggio COMPLETI: 37

PRECIPITAZIONI (mm)

cumulata totale campagna: 65.1

giorno maggiormente piovoso - cumulata: 2019-04-29 10.2

giorni senza pioggia: 24

giorni con pioggia: 13

perc. giorni piovosi: 35.1

UMIDITA' RELATIVA (%)

umidita' massima: 2019-05-04 40.5

umidita' minima: 2019-03-30 19.8

VENTO (m/s)

vento medio: 0.98

vento massimo: 4.82 2019-04-14 23:00:00

settore prevalente: S-SE

vento medio settore prevalente: 1.69

RADIAZIONE (W/m²)

integrale radiazione massima: 2019-03-31 3097

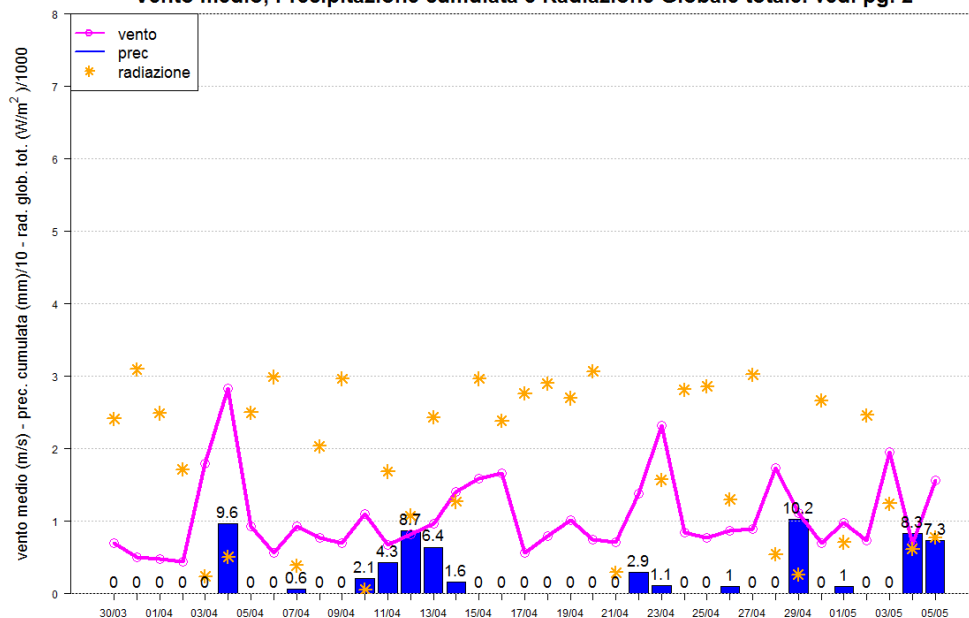
integrale radiazione minima: 2019-04-22 -184

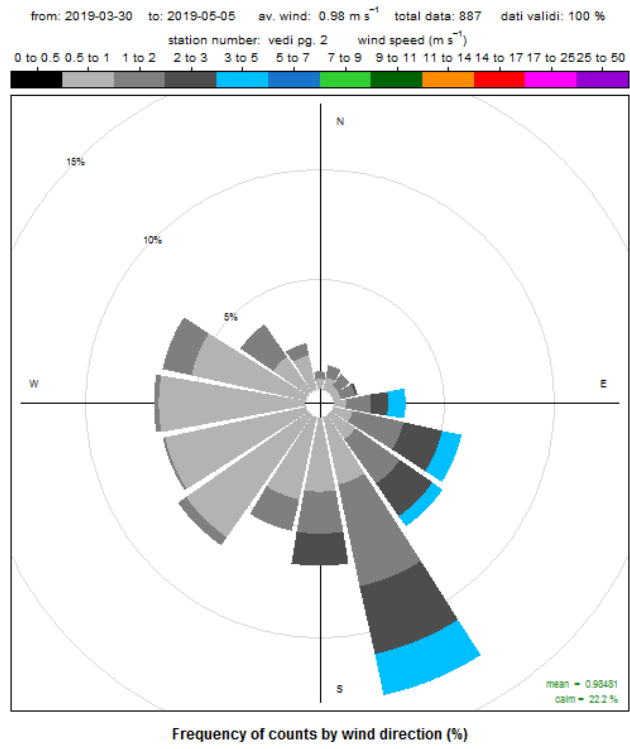
PRESSIONE (mbar)

pressione massima: 2019-04-19 660.8

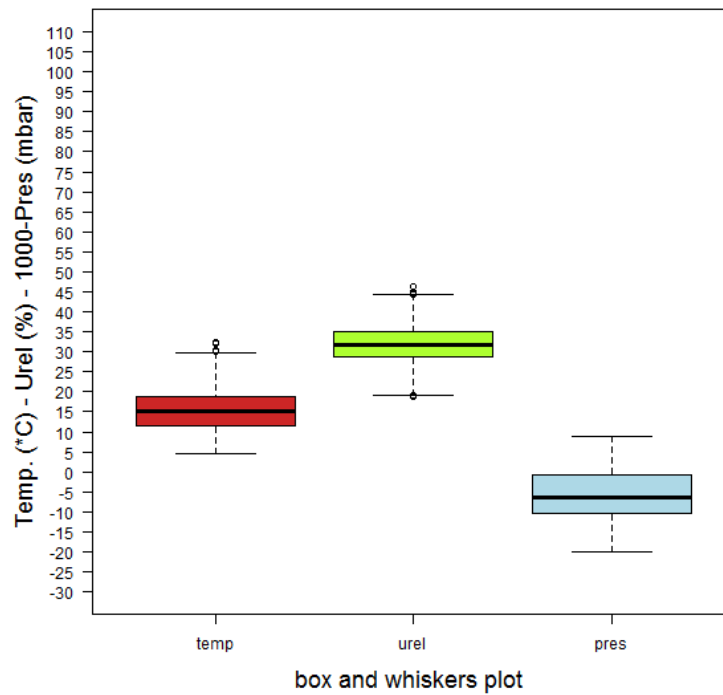
pressione minima: 2019-03-30 631.8

Vento medio, Precipitazione cumulata e Radiazione Globale totale: vedi pg. 2





Temperatura, Umidita' Rel. e Press. vedi pg. 2



- II° Campagna

ANAGRAFICA

zona: vedi pg. 2

periodo: dal 2019-09-26 al 2019-10-27

giorni di monitoraggio COMPLETI: 32

PRECIPITAZIONI (mm)

cumulata totale campagna: NA

giorno maggiormente piovoso - cumulata: 2019-10-17 10.4

giorni senza pioggia: 30

giorni con pioggia: 2

perc. giorni piovosi: 6.2

UMIDITA' RELATIVA (%)

umidita' massima: 2019-09-29 47.4

umidita' massima: 2019-10-01 47.4

umidita' minima: 2019-10-21 30.6

VENTO (m/s)

vento medio: 0.81

vento massimo: 3.38 2019-10-03 16:00:00

settore prevalente: SE

vento medio settore prevalente: 1.16

RADIAZIONE (W/m²)

integrale radiazione massima: 2019-10-08 2751

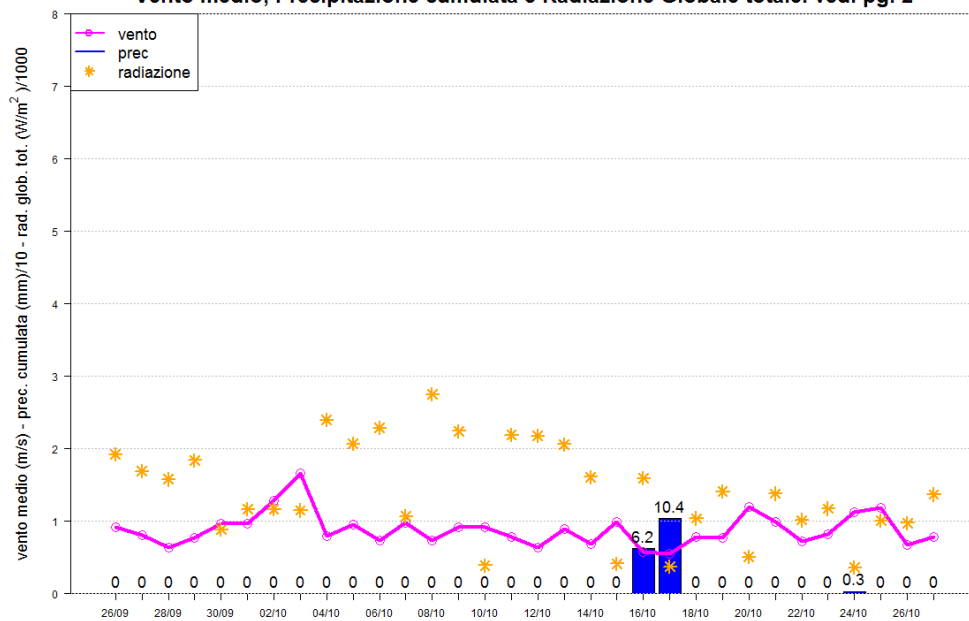
integrale radiazione minima: 2019-10-24 357

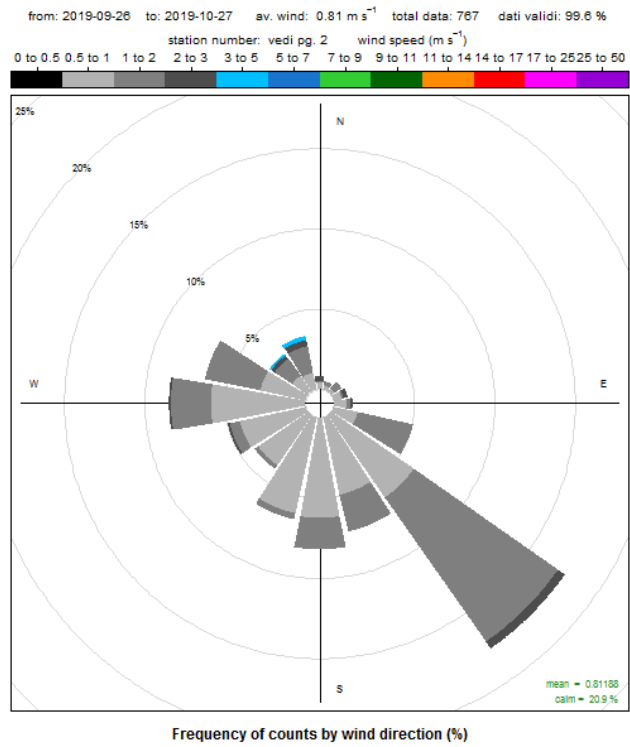
PRESSIONE (mbar)

pressione massima: 2019-10-13 762.3

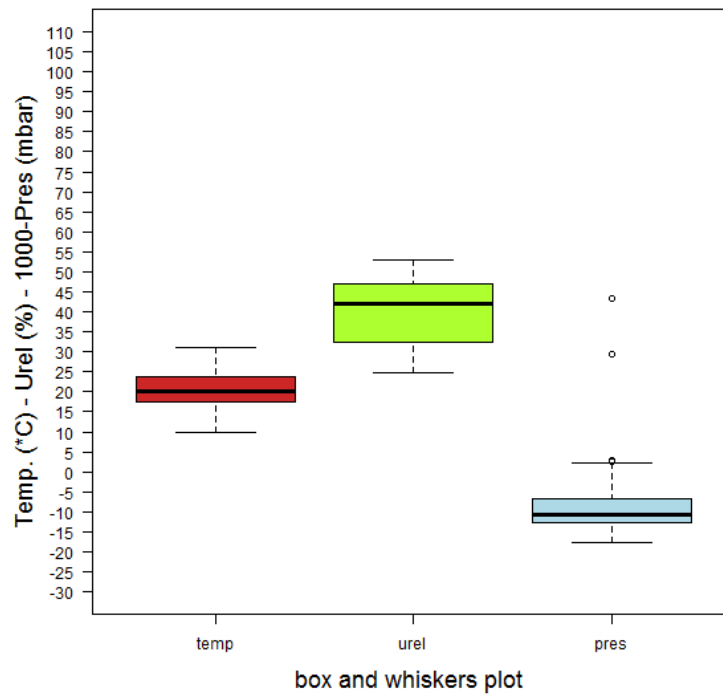
pressione minima: 2019-10-17 659.7

Vento medio, Precipitazione cumulata e Radiazione Globale totale: vedi pg. 2





Temperatura, Umidita' Rel. e Press. vedi pg. 2



4 Risultati della campagne

Vengono riportati di seguito i risultati delle campagne di monitoraggio ed i valori limiti previsti dalla normativa per la protezione della salute umana.

E' necessario evidenziare che tutti i valori limite stabiliti dal d.lgs. 155/2010 si riferiscono sempre ad un arco temporale pari ad 1 anno civile, mentre la campagna ha una durata inferiore (Tabella 2).

Per completezza, di seguito sono riportati i valori limiti per la protezione della salute umana stabiliti dal d.lgs. 155/2010 (2008/50/CE).

Tabella 2: Valori limite per d.lgs.155/2010

Limiti della protezione della salute umana d.lgs. 155/2010	
PM10	Valore limite di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sui livelli medi giornalieri da non superare più di 35 volte per anno civile
	Valore limite 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media annuale
PM2.5	Valore limite 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media annuale
NO ₂	Valore limite di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sui livelli orari di concentrazione da non superare più di 18 volte per anno civile
	Valore limite 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media annuale
O ₃	Valore limite di 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sui livelli orari di concentrazione rispettivamente soglia di informazione e di allarme
	Valore limite di 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come massimo giornaliero della media mobile su 8 ore da non superare più di 25 volte nell'anno civile
SO ₂	Valore limite 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sui livelli orari
	Valore limite 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media giornaliera da non superare più di 3 volte per anno civile
CO	Valore limite di 10 mg/m^3 come massimo giornaliero della media mobile su 8 ore

Le misure istantanee di concentrazione delle specie gassose (NO_X , SO_2 , O_3 , ...), congruentemente con quanto stabilito dalla normativa (direttiva 2008/50/CE e d.lgs. 155/2010 e s.m.i), sono state mediate a livello orario, mentre le misure di particolato sottile (PM10 e PM2.5) sono state effettuate in modo da rappresentare le concentrazioni medie giornaliere.

Tabella 3: Inquinanti atmosferici e rispettivi tempi di mediazione

Inquinanti (Mezzo mobile)	Tempo di mediazione	Unità di misura
NO	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO_2	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO_X	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	1 ora	mg/m^3
C_6H_6	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
H_2S	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
O_3	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO_2	1 ora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM10	24 ore	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM2.5	24 ore	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

4.1 Particolato atmosferico PM10

Valore limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per le concentrazioni medie giornaliere da non superare per più di 35 volte nell'anno civile anno;

- I° Campagna

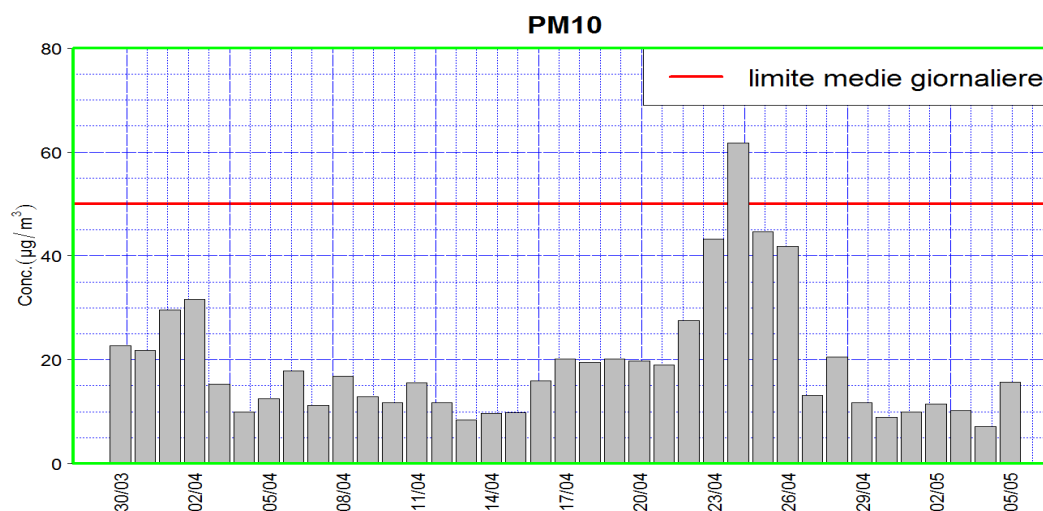


Figura 2: Valori giornalieri di PM10 nel periodo suddetto (I° campagna)

- II° Campagna

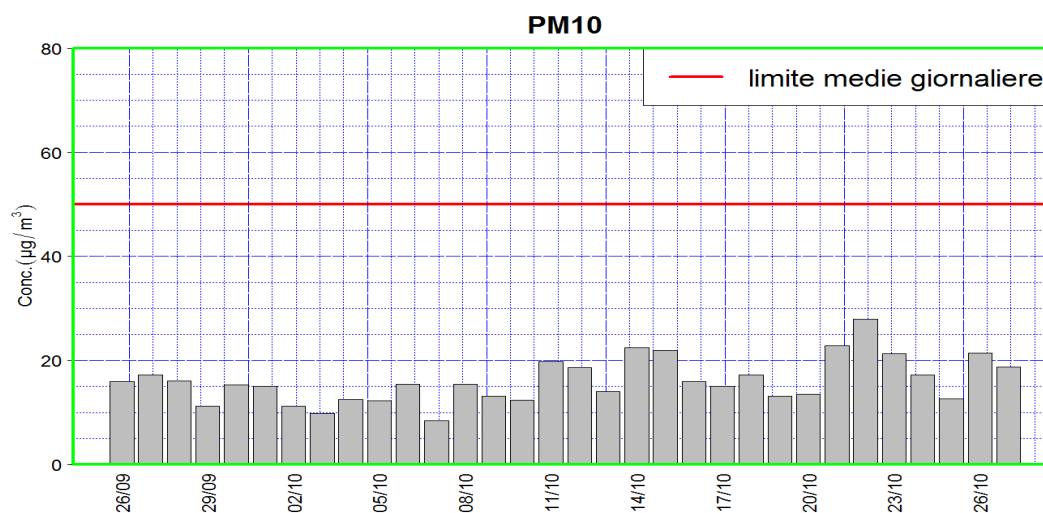


Figura 3: Valori giornalieri di PM10 nel periodo suddetto (II° campagna)

4.2 Particolato atmosferico PM2.5

- I° Campagna

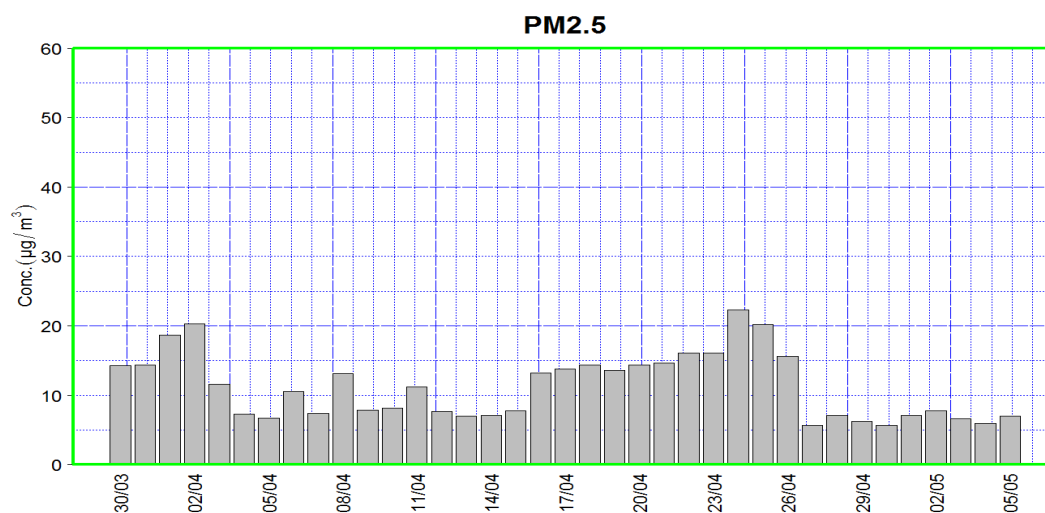


Figura 4: Valori giornalieri di PM2.5 nel periodo suddetto (I° campagna)

- II° Campagna

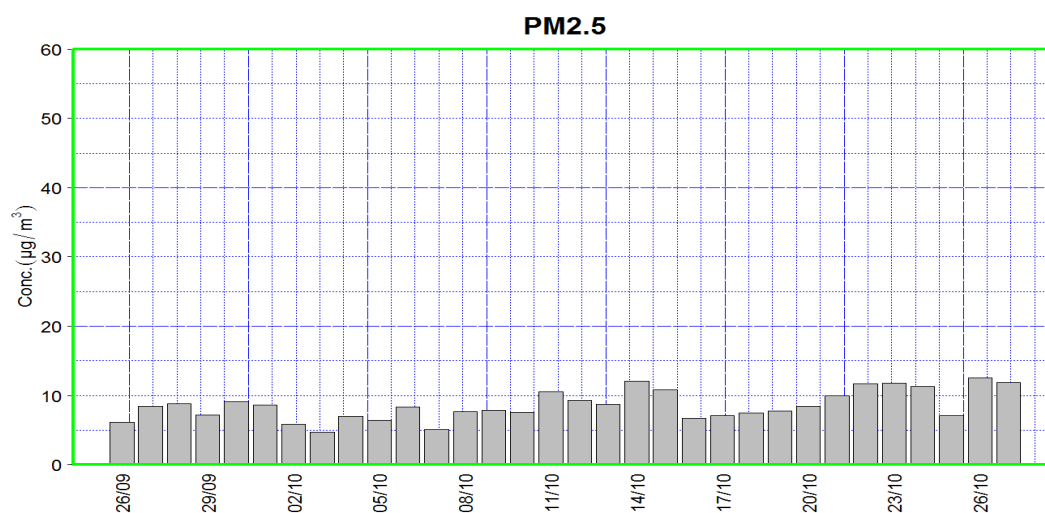


Figura 5: Valori giornalieri di PM2.5 nel periodo suddetto (II° campagna)

4.3 Biossido d'azoto NO₂

Valore limite di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per le concentrazioni medie orarie da non superare più di 18 volte nell'anno civile;

- I° Campagna

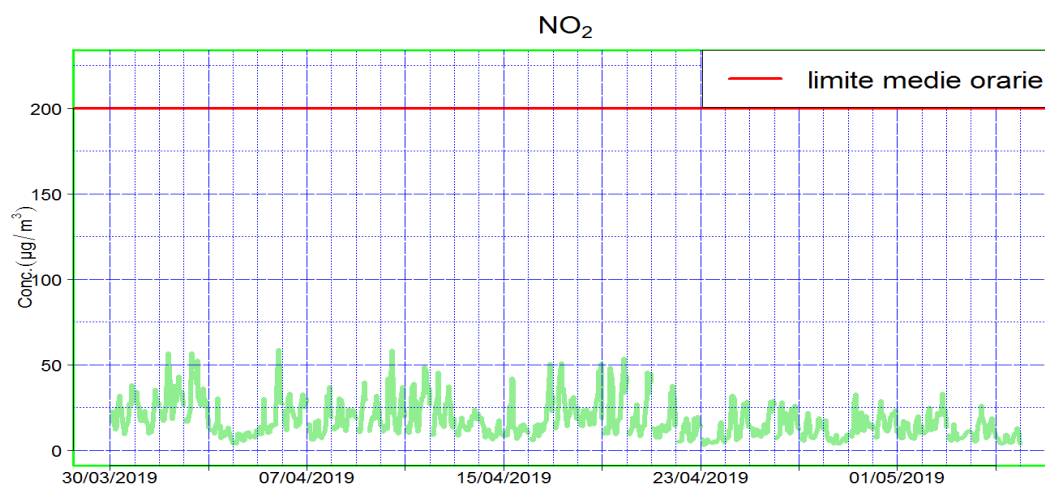


Figura 6: Valori orari di NO₂ nel periodo suddetto (I° campagna)

- II° Campagna

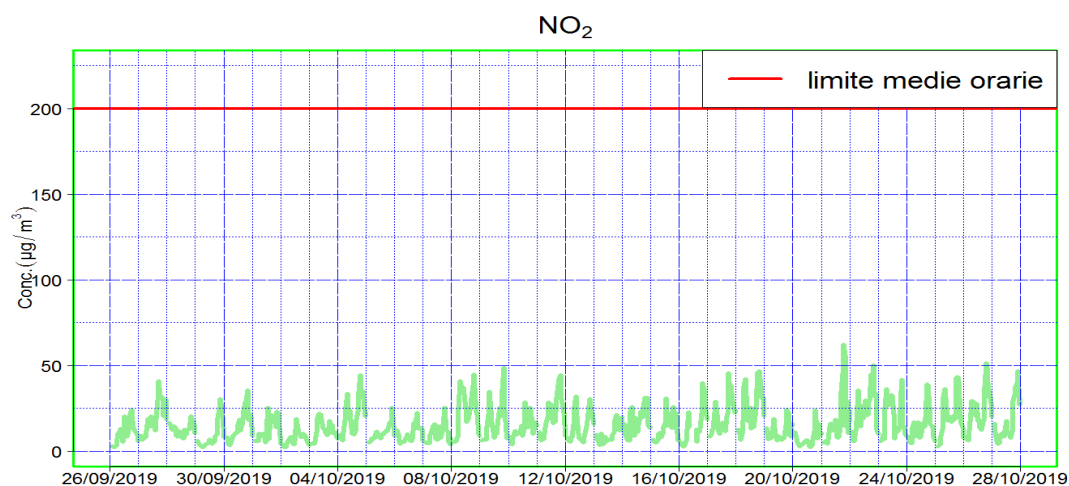


Figura 7: Valori orari di NO₂ nel periodo suddetto (II° campagna)

4.4 Ozono O₃

Valore limite di 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione media oraria che rappresentano rispettivamente soglia di informazione e di allarme;

- I° Campagna

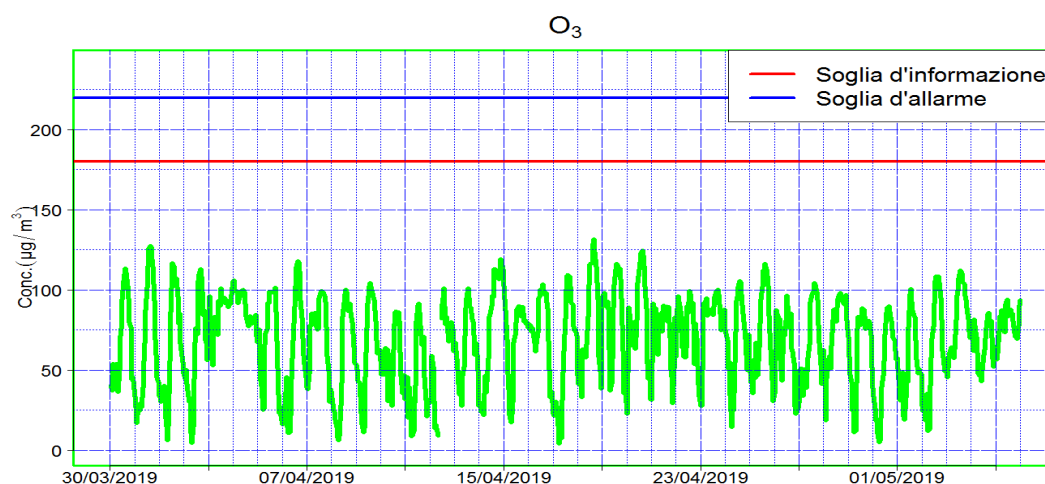


Figura 8: Valori orari di O₃ nel periodo suddetto (I° campagna)

- II° Campagna

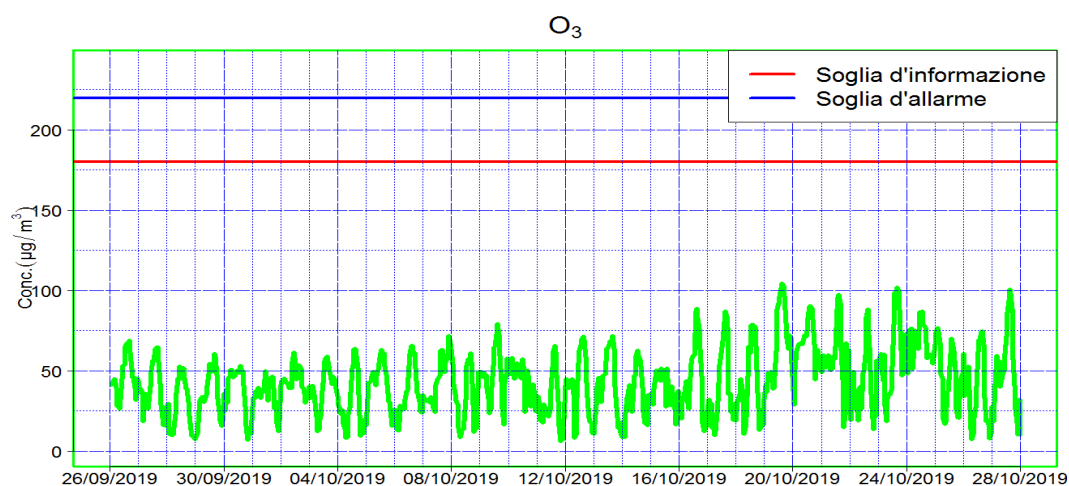


Figura 9: Valori orari di O₃ nel periodo suddetto (II° campagna)

4.5 Anidride solforosa SO₂

Valore limite 350 µg/m³ delle concentrazioni medie orarie;

- I° Campagna

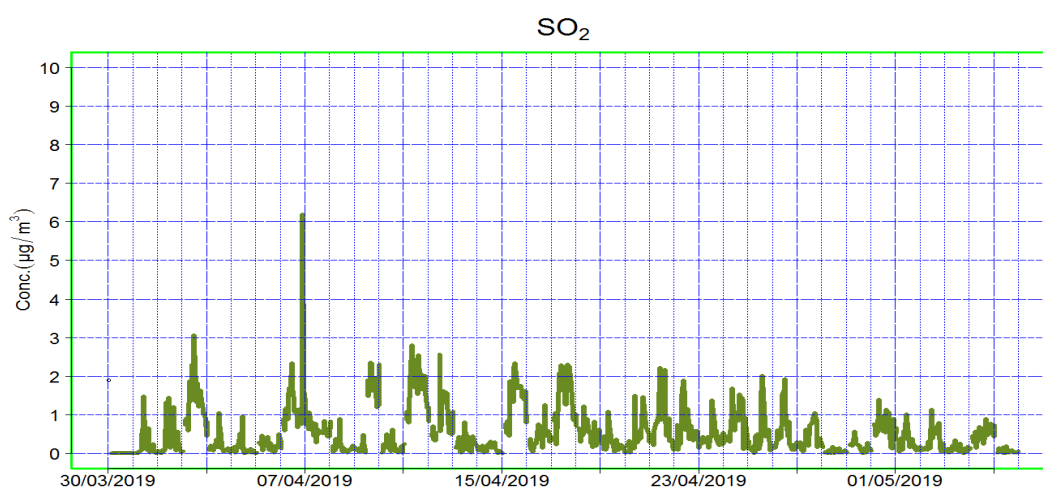


Figura 10: Valori orari di SO₂ nel periodo suddetto (I° campagna)

- II° Campagna

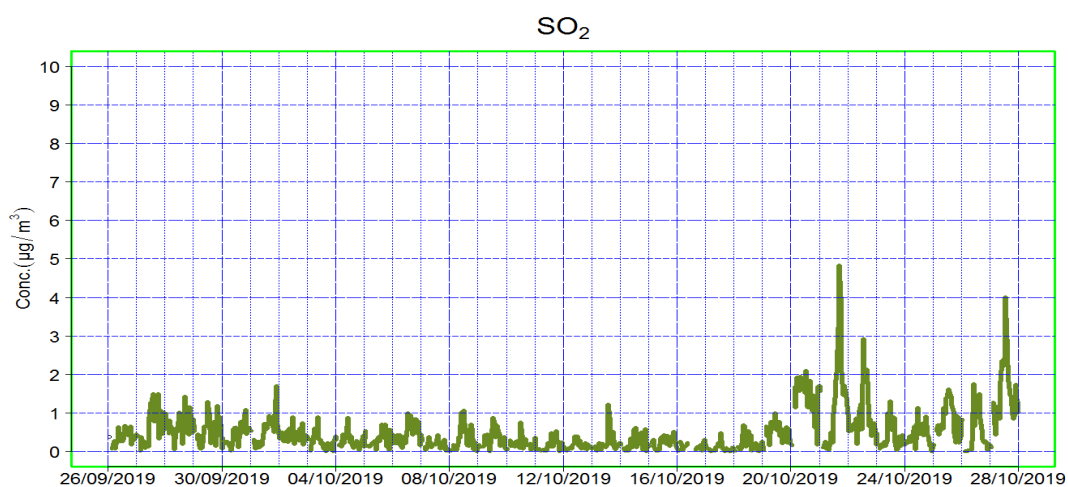


Figura 11: Valori orari di SO₂ nel periodo suddetto (II° campagna)

4.6 Benzene C₆H₆

- I° Campagna

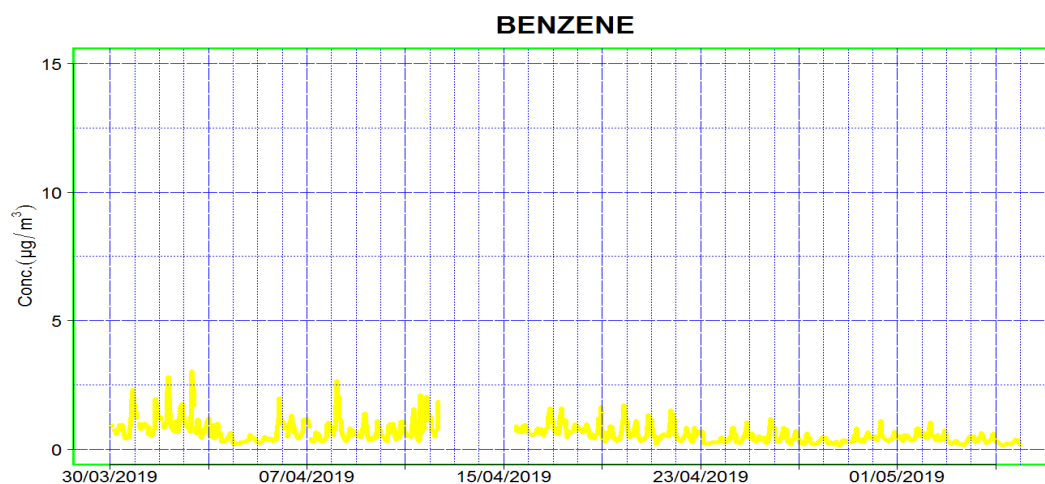


Figura 12: Valori orari di Benzene nel periodo suddetto (I° campagna)

- II° Campagna

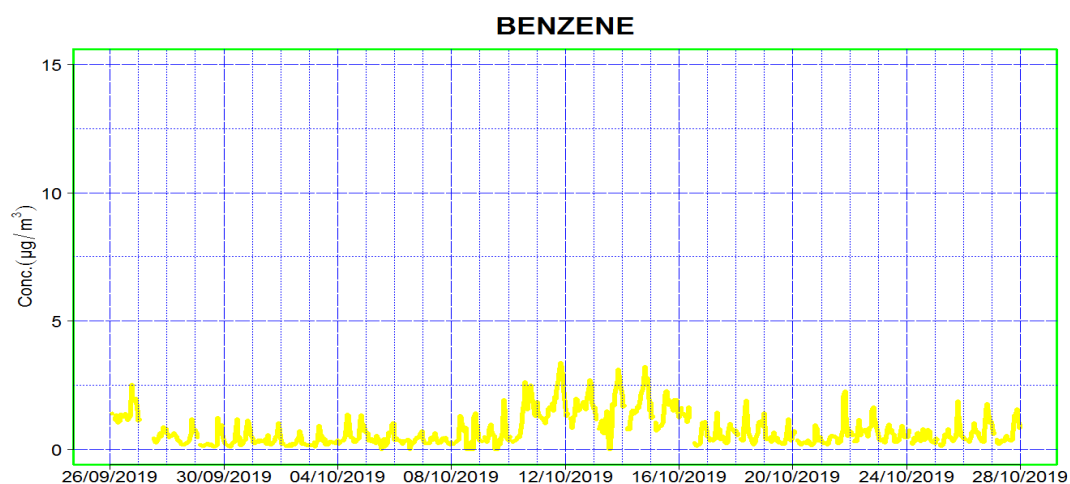


Figura 13: Valori orari di Benzene nel periodo suddetto (II° campagna)

5 Analisi dei dati del monitoraggio

Le concentrazioni delle diverse sostanze inquinanti rilevate durante le due campagne svolte nel 2019 sono state elaborate statisticamente nel loro complesso, individuando alcuni indicatori. In particolare sono stati evidenziati, per ogni sostanza inquinante, il numero totale di misure disponibili, il valore massimo e minimo riscontrato per tutte queste sostanze inquinanti, il loro valore medio, la mediana ed i percentili 95° e 10°.

Tabella 4: Statistica dei risultati

Inquinanti	dati	Max	Min	Media	10° PERC.*	50° PERC.*	95° PERC.*
NO	1576	111.8	0	6.6	1.4	4.5	17.4
NO2	1579	62.3	2.2	16.6	5.9	14	37.5
NOx	1576	228.4	3	26.7	9.7	21.2	62.8
O3	1653	131.8	4	57	21	53.8	103
PM10	69	61.8	7.2	17.8	9.9	15.6	37.8
PM25	69	22.3	4.7	10	6.2	8.4	17.7
SO2	1577	6.2	0	0.5	0	0.3	1.7
Benz	1520	3.4	0	0.7	0.2	0.5	1.8

- nella tabella soprastante la colonna dati esprime il numero totali dei dati come somma delle due campagne, anche le colonne successive esprimono i valori per le due campagne e l'unità di misura è in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

6 Conclusioni

La durata limitata della campagna di misura effettuata (inferiore ad 1 anno) non consente di effettuare il calcolo degli standard di qualità dell'aria secondo la normativa. In ogni caso al fine di fornire alcuni elementi indicativi si riporta di seguito il confronto tra i valori misurati nel periodo della campagna e gli standard previsti dalla normativa.

Tabella 5: Confronto standard di qualità dell'aria e misure mezzo mobile

	PM10	PM2,5	NO ₂	C ₆ H ₆	SO ₂	CO	O ₃
Campagna ⁺	Media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] Numero di superamenti valore limite giornaliero 50 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] *	Media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] Numero di superamenti orari di 200 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] *	Media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti valore limite giornaliero 125 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] * Numero di superamenti valore limite orario di 350 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti di 10 [mg/m^3] come massimo su media mobile 8 ore *	Numero di superamenti orari di 180 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] * Numero di superamenti orari di 240 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] * Valore limite di 120 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] come massimo giornaliero della media mobile su 8 ore *
I	19.3 1	11.2	17.4 0	0.6	0 0	-	0 0 0
II	16.1 0	8.6	15.7 0	0.7	0 0	-	0 0 0
T	17.8 1	10	16.6 0	0.7	0 0	-	0 0 0

* Numero di superamenti riferiti solo al periodo della campagna

** Valori misurati dal mezzo mobile nel periodo indicato a pagina 2 alla voce durata campagna.

+ I (I campagna); II (II campagna); T (Totale Campagne);

Dalle misure e solo per le due campagne di monitoraggio risulta che nel punto descritto a pagina 2 risulta che:

- Numero 1 superamenti di **PM10** giornalieri sono stati registrati.
- Numero 0 superamenti di **NO₂** orari sono stati registrati.
- Numero 0 superamenti di **SO₂** valori limite giornalieri sono stati registrati.
- Numero - superamenti di **SO₂** valori limite orario sono stati registrati.
- Numero 0 superamenti di **O₃** della soglia d'informazione sono stati registrati.
- Numero 0 superamenti di **O₃** della soglia d'allarme sono stati registrati.
- Numero 0 superamenti di **O₃** valori limite come media mobile giornaliera su otto ore sono stati registrati.

- **Misure indicative PM10**

Le campagne di monitoraggio, effettuate con il laboratorio mobile, generalmente, hanno un periodo di tempo limitato tipicamente (15-60 giorni nell'arco di 1 anno), e costituiscono il punto di partenza per una corretta gestione della qualità dell'aria ambiente che non si esaurisce con il termine delle indagini sperimentali ma che rientra in un contesto più ampio che coinvolge diversi strumenti di valutazione della qualità dell'aria.

L'utilizzo del laboratorio mobile (focalizzato in un punto preciso del territorio con più campagne durante l'anno) può dare informazioni più dettagliate ma comunque, non sufficienti per coprire un intero anno di misura così come è per una stazione di monitoraggio fissa.

D'altra parte la normativa di riferimento nazionale per la qualità dell'aria, il d.lgs. 155/2010, individua le misure indicative, e quindi le campagne di monitoraggio, come un possibile strumento di valutazione della qualità dell'aria a patto di rispettare i requisiti, che riguardano soprattutto la durata delle campagne stesse.

In particolare, i risultati di una generica campagna di monitoraggio possono essere utilizzati a fini legislativi (verifica del rispetto dei valori limite) solamente se la durata del periodo di misura copre almeno il 14% dell'arco temporale di 1 anno civile, circa 8 settimane equamente distribuite durante l'anno.

Uno degli strumenti chiave che la normativa ci offre per poter interpretare a fini legislativi una misura discontinua nel tempo, come le misure effettuate tramite un mezzo mobile, è legato all'applicazione di tecniche di "stima oggettiva". L'obiettivo di tali tecniche (geo)statistiche è la ricostruzione di serie temporali annuali a partire da misure discontinue e limitate nel tempo.

Il metodo applicato è un modello geostatistico lineare che è in grado di fornire la stima, ed il relativo errore, della concentrazione media giornaliera di PM10 nel punto in cui è posizionato il laboratorio mobile in funzione dei livelli di concentrazione di PM10 misurati in un sottoinsieme di stazioni fisse appartenenti alla rete regionale di monitoraggio di qualità dell'aria ¹.

¹Sozzi R., Bolignano A., Ceradini S., Morelli M., Petenko I., Argentini S.; Quality control and gap-filling of PM10 daily mean concentrations with the best linear unbiased estimator, *Environmental Monitoring and Assessment*; 2017 Oct 15;189(11):562. doi: 10.1007/s10661-017-6273-z

Bolignano A., Sozzi R., Morelli M., Di Giosa A.D., Ceradini S., Sacco F., Di Giulio A.; Stimatore statistico lineare per la stima della concentrazione media giornaliera di PM10; BEA-UNIDEA; 2013/03

- Ricostruzione Modellistica e stima dei livelli di PM₁₀ per l'anno 2019

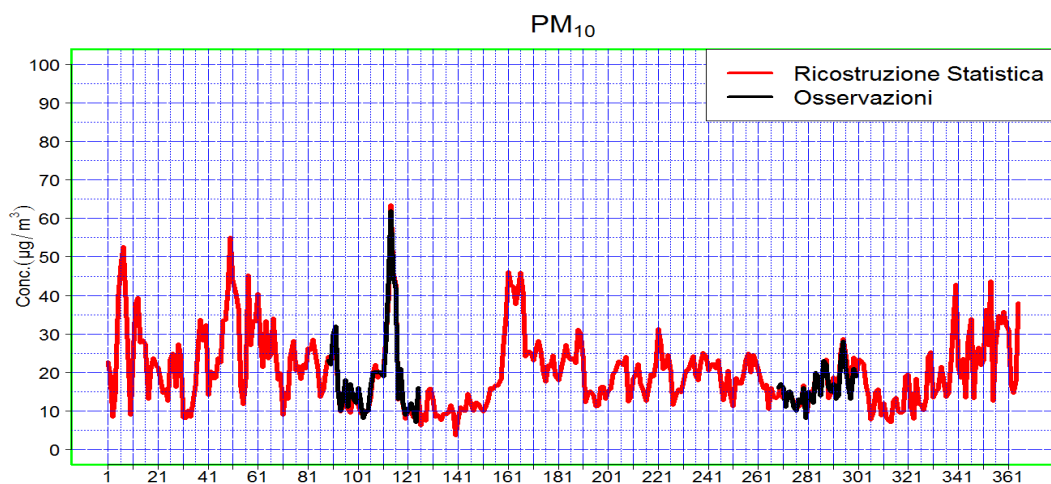


Figura 14: Valori di PM₁₀ (µg/m³) ricostruiti nel 2019 in rosso, mentre in nero i valori osservati

La media annuale di PM₁₀ dalla ricostruzione statistica è $20.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre sono 3 i superamenti giornalieri. Bisogna però precisare che, la valutazione della qualità dell'aria (per misurazioni effettuate in periodi limitati dell'anno) sul PM₁₀ viene effettuata calcolando il 90.4 percentile di tutte le misure. Per valutare il rispetto del valore limite del PM₁₀ nell'anno occorre che il 90.4 percentile sia inferiore o uguale a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il 90.4 percentile di PM₁₀ delle due campagne per il 2019 è pari a $33.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.