Sezione di Bologna
Via F. Rocchi, 19
40138 Bologna BO
tel. 051/396211
fax 051/396216
e-mail: urpbo@arpae.it
PEC: aoobo@cert.arpa.emr.it

SSA - Area S.O. Valutazione e Monitoraggio Aria

CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

EFFETTUATA NEL COMUNE DI MEDICINA

PRESSO LA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO GIUSEPPE SIMONI VIALE ANTONIO GRAMSCI 2/A

22 GENNAIO – 24 FEBBRAIO 2016

Responsabile: **Andrea Mecati**

Relazione tecnica a cura di: **Andrea Aldrovandi**

Hanno collaborato: **Francesca Saveria Novelli, Luca Malaguti, Pamela Ugolini, Marco Trepiccione**

INDICE

PREMESSA 3
1. MODALITA' DI INTERVENTO E POSTAZIONE DI MONITORAGGIO 3
1.1 UBICAZIONE DELLA POSTAZIONE DI MONITORAGGIO 3
1.2 TEMPISTICA DELLA CAMPAGNA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA 4
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO 5
3. MODALITA' DI CAMPIONAMENTO E DI ELABORAZIONE DATI 6
4. RISULTATI DELL'INDAGINE 8
4.1 OSSIDI DI AZOTO: NOx, NO2, NO 8
4.2 OZONO O3 11
4.3 MONOSSIDO DI CARBONIO CO 13
4.4 PARTICOLATO PM10 15
4.5 PARTICOLATO PM2,5 18
4.6 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI I.P.A 22
4.8 PARAMETRI METEOROLOGICI 25
4.8.1 PRECIPITAZIONI 25
4.8.2 VENTI 25
5. CONCLUSIONI 27

ALLEGATO 1 – RIEPILOGO DATI LABORATORIO MOBILE

ALLEGATO 2 – RIEPILOGO DATI STAZIONI DELLA RETE DI MONITORAGGIO

PREMESSA

Nel marzo 2015 il Comune di Medicina ha richiesto ad Arpae di effettuare campagne di monitoraggio della qualità dell'aria presso tre punti reputati significativi per il territorio.
A seguito di successivi incontri e sopralluoghi Arpae ha concordato con il Comune la realizzazione di sole due campagne di monitoraggio: la prima presso la Scuola Secondaria di Primo Grado Giuseppe Simoni in Viale Antonio Gramsci 2/A e la seconda presso la rotonda di via L. Fava.
Le due campagne sono state ideate con l'intento di fornire un quadro completo della qualità dell'aria in siti caratterizzati da importanti emissioni da parte del traffico veicolare.
Per la realizzazione delle campagne è stato concordato l'utilizzo di un laboratorio mobile in dotazione ad Arpae.
Il laboratorio è equipaggiato per la misurazione delle concentrazioni delle frazioni del particolato atmosferico PM_{10} e $PM_{2,5}$, del biossido di azoto, del monossido di carbonio, dell'ozono, degli idrocarburi policiclici aromatici e dei più significativi parametri meteorologici.
I rilievi presso la postazione della scuola G. Simoni sono stai previsti a partire dal 22 gennaio per la durata di quattro settimane, mentre quelli presso la rotonda di via L. Fava sono stati programmati a seguire con le stesse modalità.

1. MODALITA' DI INTERVENTO E POSTAZIONE DI MONITORAGGIO

1.1 UBICAZIONE DELLA POSTAZIONE DI MONITORAGGIO

Al fine di caratterizzare la qualità dell'aria nell'ambito dell'Istituto Comprensivo Statale di Medicina il laboratorio mobile è stato collocato all'interno dell'area scolastica della Scuola Secondaria di Primo Grado Giuseppe Simoni in Viale Gramsci 2/A. Per la precisione, nel cortile adiacente la via Gramsci ad una distanza di circa 5 metri dalla carreggiata, come riportato in Figura 1.
Dati posizione: 44°28'30.96"N - 11°38'33.35"E – 23 metri slm..

Figura 1 – Foto installazione e mappa del sito oggetto del monitoraggio con evidenziate l'area scolastica *(Ortofoto Agea 2011) e* la postazione del laboratorio mobile *(in blu).*

Tale posizione consente di rientrare nei criteri con cui la normativa vigente individua le "postazioni da traffico" nell'ambito di monitoraggi per la qualità dell'aria.
Infatti pur essendo molto vicino all'area di transito dei veicoli, il punto di campionamento si trova comunque ad una distanza tale da garantire di non trovarsi in una tipica situazione di monitoraggio di inquinanti rappresentativa di condizioni puntuali.
L'area, nel suo complesso, risulta abbastanza aperta per garantire l'applicabilità dei dati rilevati anche su tutta l'area a margine della strada. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di impatto potenziale per la qualità dell'aria della zona.
Benché la viabilità sia sostanzialmente di tipo locale, si sottolinea un notevole componente di traffico (spesso di tipo pesante) legata alla presenza delle diverse istituzioni scolastiche, caratterizzata dal transito e dalla sosta di scuolabus e automezzi per il trasporto degli alunni e del personale.

1.2 TEMPISTICA DELLA CAMPAGNA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La campagna di monitoraggio ha interessato il periodo compreso tra il 22 gennaio ed il 24 febbraio 2016, per un totale di 34 giorni di misurazioni utili alla raccolta dei dati.
La strumentazione impiegata sul laboratorio è stata la seguente:
un analizzatore automatico di ossidi di azoto (NO_2 - NO - NO_X);
un analizzatore automatico di ozono (O_3);

un analizzatore automatico di monossido di carbonio (CO);
un campionatore gravimetrico sequenziale per materiale particolato PM_{10};
un campionatore gravimetrico sequenziale per materiale particolato $PM_{2,5}$;
una centralina meteo con sensori di direzione/velocità vento e pluviometro.
In aggiunta ai parametri monitorati direttamente con la strumentazione sopra riportata, sono state effettuate dai laboratori di Arpae analisi specifiche, finalizzate alla determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (I.P.A.). Questi composti vengono determinati sulla frazione di particolato PM_{10} che durante il corso della campagna viene raccolto su apposite membrane filtranti in fibra di vetro.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Relativamente alla definizione degli inquinanti atmosferici, dei limiti previsti per la loro concentrazione nell'aria ambiente e delle tecniche per la loro misura (nonché per la definizione dei criteri per la loro valutazione e di quelli relativi alla zonizzazione del territorio dal punto di vista della qualità dell'aria), la normativa nazionale di riferimento è costituita dal D.Lgs. n.155 del 13 agosto 2010.
Di seguito vengono riportati i limiti contenuti nel decreto per i diversi inquinanti monitorati nella campagna in oggetto.

CO	**10 mg/m3:** Valore limite giornaliero (media massima giornaliera su 8 ore)

NO2	**200 µg/m3**: Valore limite orario - da non superare per più di 18 volte nel corso dell'anno
	40 µg/m3: Valore limite annuale
	400 µg/m^3: Soglia di allarme: da non superare su 3 ore consecutive

O_3	**120 µg/m^3**: Valore obiettivo (massima media su 8 ore giornaliera da non superare più di 25 volte nel corso dell'anno)
	180 µg/m^3: Soglia di informazione (media oraria)
	240 µg/m^3: Soglia di allarme (media oraria per 3 consecutive)

PM_{10}	**50 µg/m^3** :Valore limite giornaliero**,** da non superare per più di 35 volte nel corso dell'anno
	40 µg/m^3 :Valore limite annuale

$PM_{2,5}$	**27 µg/m^3**: Valore limite annuale + margine di tolleranza nel 2012 **25 µg/m^3**: Valore limite annuale, da raggiungere al 01 Gennaio 2015

B(a)P	**1 ng/m^3** : Valore obiettivo (media sull'anno civile)

Tabella 1: parametri normativi

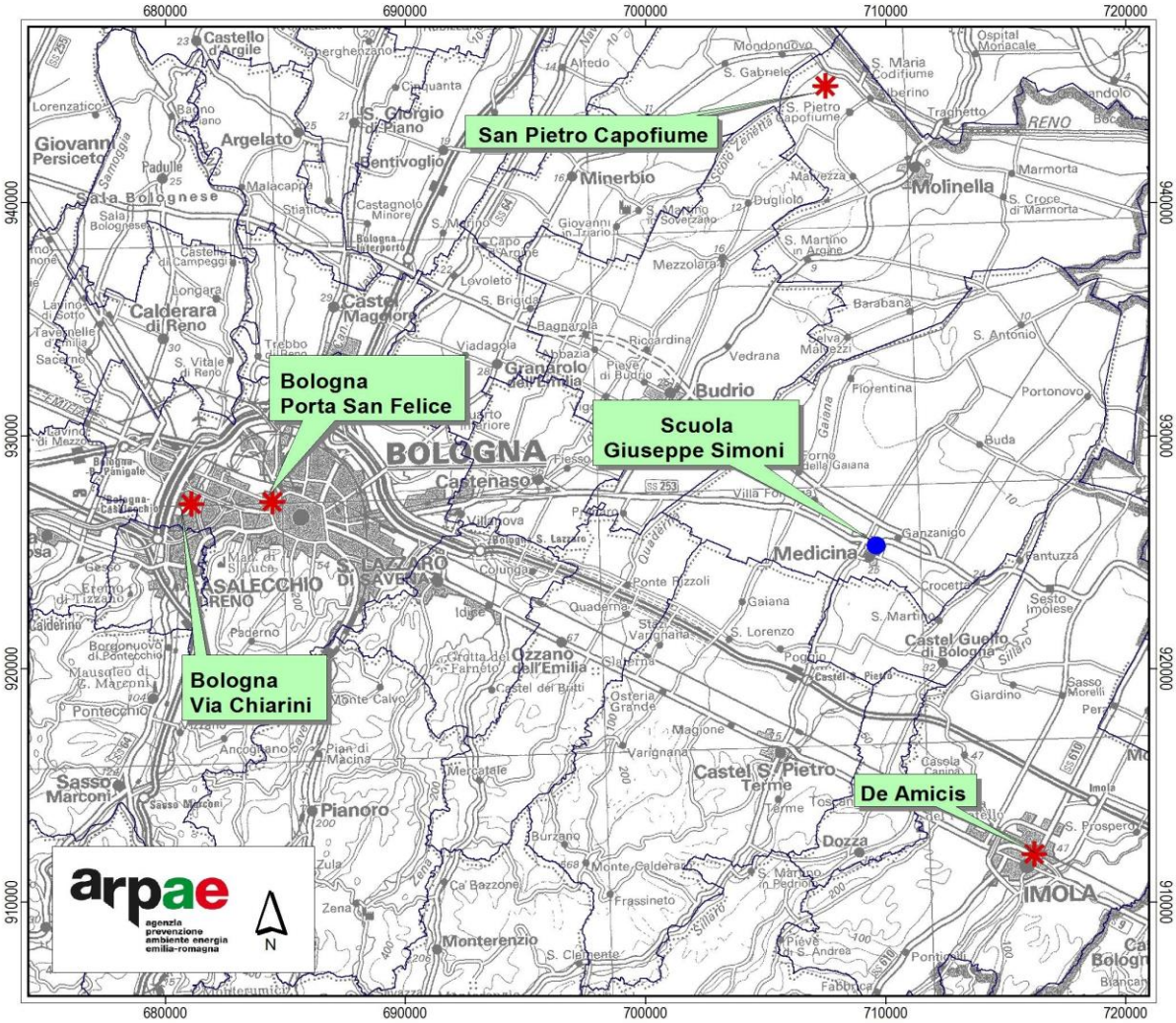
3. MODALITA' DI CAMPIONAMENTO E DI ELABORAZIONE DATI

Per quanto concerne gli ossidi di azoto, l'ozono, il monossido di carbonio ed i parametri meteorologici sono stati rilevati valori medi orari, mentre le modalità di campionamento del particolato (PM_{10} e $PM_{2,5}$) sono quelle stabilite dalla normativa che prevede la misura della concentrazione media giornaliera su 24 ore.
Le elaborazioni sono state sempre effettuate considerando l'ora solare. Nei diagrammi e nelle tabelle sono stati evidenziati in giallo i valori relativi alle domeniche.
Conformemente a quanto indicato dal D.Lgs. 155/2010, per le giornate durante le quali il numero di

valori orari ottenuto è risultato inferiore a 18, cioè inferiore al 75% dei dati giornalieri, i valori massimo e medio della giornata non sono stati presi in considerazione ed i valori orari non sono stati utilizzati nell'elaborazione dei dati, in quanto non sufficientemente rappresentativi. Un valore medio orario al giorno risulta in ogni caso mancante per l'esecuzione del necessario controllo automatico di taratura, che viene sistematicamente effettuato nelle prime ore della giornata.
La determinazione degli I.P.A. (Idrocarburi Policiclici Aromatici), effettuata nella struttura laboratoristica di Arpae, è stata eseguita sull'intero set di filtri validati utilizzati per il campionamento del particolato PM_{10}.
Per completare l'elaborazione dei dati, infine, sono stati eseguiti confronti con i parametri acquisiti da alcune delle sottoelencate stazioni fisse, facenti parte della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria (di seguito indicata come RRQA), presenti sul territorio della Città Metropolitana di Bologna:

- la stazione di Imola situata in via De Amicis, che pur essendo di tipologia da traffico, risulta comunque quella più vicina all'area di indagine;
- la stazione di fondo di via Chiarini a Bologna (fondo suburbano);
- la stazione di fondo di San Pietro Capofiume nel Comune di Molinella (fondo rurale),
- la stazione urbana da traffico di Porta San Felice a Bologna in quanto probabilmente rappresentativa di una sorta di "limite superiore" dei livelli dei vari inquinanti rispetto al sito monitorato.

In Figura 2 è riportata una mappa con indicata l'ubicazione delle stazioni della rete e dello specifico monitoraggio.



.**Figura 2 – Mappa con evidenziate l'area oggetto di indagine e le stazioni della rete regionale di monitoraggio ubicate sul territorio della Città Metropolitana di Bologna.**

4. RISULTATI DELL'INDAGINE

4.1 OSSIDI DI AZOTO: NO_x, NO_2, NO

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto, i livelli delle concentrazioni orarie rilevate nel periodo della campagna presso la postazione all'interno della Scuola G. Simoni, risultando in linea con i valori stagionali tipici dell'inquinante.

Il biossido di azoto (NO_2) è la frazione degli ossidi di azoto (NO_X) soggetta ad una soglia normativa. Si tratta di un gas con odore acre e pungente che si forma prevalentemente dall'ossidazione del monossido di azoto (NO), a propria volta emesso nei processi di combustione ad alta temperatura. Nei veicoli equipaggiati con motori a ciclo diesel le emissioni di NO_2 sono più elevate rispetto a quelle dei veicoli non alimentati a gasolio e raggiungono anche il 70% degli NO_X totali. Su tutto il periodo le medie orarie del biossido di azoto (NO_2) si sono mantenute su valori alquanto contenuti, assai lontani dal valore limite orario posto dalla normativa a 200 µg/m^3.

Nella seguente tabella 1 sono riportate le concentrazioni medie e massime giornaliere di biossido di azoto misurate presso la postazione durante la campagna di monitoraggio.

Medicina scuola		NO_2 media	NO_2 max	Medicina scuola		NO_2 media	NO_2 max
Data	**Giorno**	µg/m³	µg/m³	**Data**	**Giorno**	µg/m³	µg/m³
29/01/2016	ven	33	49	12/02/2016	ven	13	37
30/01/2016	sab	32	35	13/02/2016	sab	22	23
31/01/2016	dom	22	31	14/02/2016	dom	17	24
01/02/2016	lun	21	28	15/02/2016	lun	30	35
02/02/2016	mar	25	26	16/02/2016	mar	12	31
03/02/2016	mer	17	29	17/02/2016	mer	29	30
04/02/2016	gio	30	37	18/02/2016	gio	30	36
05/02/2016	ven	38	41	19/02/2016	ven	16	37
06/02/2016	sab	32	39	20/02/2016	sab	31	33
07/02/2016	dom	16	32	21/02/2016	dom	29	30
08/02/2016	lun	28	30	22/02/2016	lun	19	29
09/02/2016	mar	6	29	23/02/2016	mar	28	31

Tabella 2 – sintesi dei dati di biossido di azoto misurati durate la campagna di monitoraggio

Nel seguente grafico 1 possiamo invece valutare l'andamento delle concentrazioni orarie dell'NO_2 confrontate con quelle delle stazioni della RRQA di Bologna Porta san felice, Molinella San Pietro Capofiume e di Imola De Amicis, con evidenziate in giallo le domeniche,

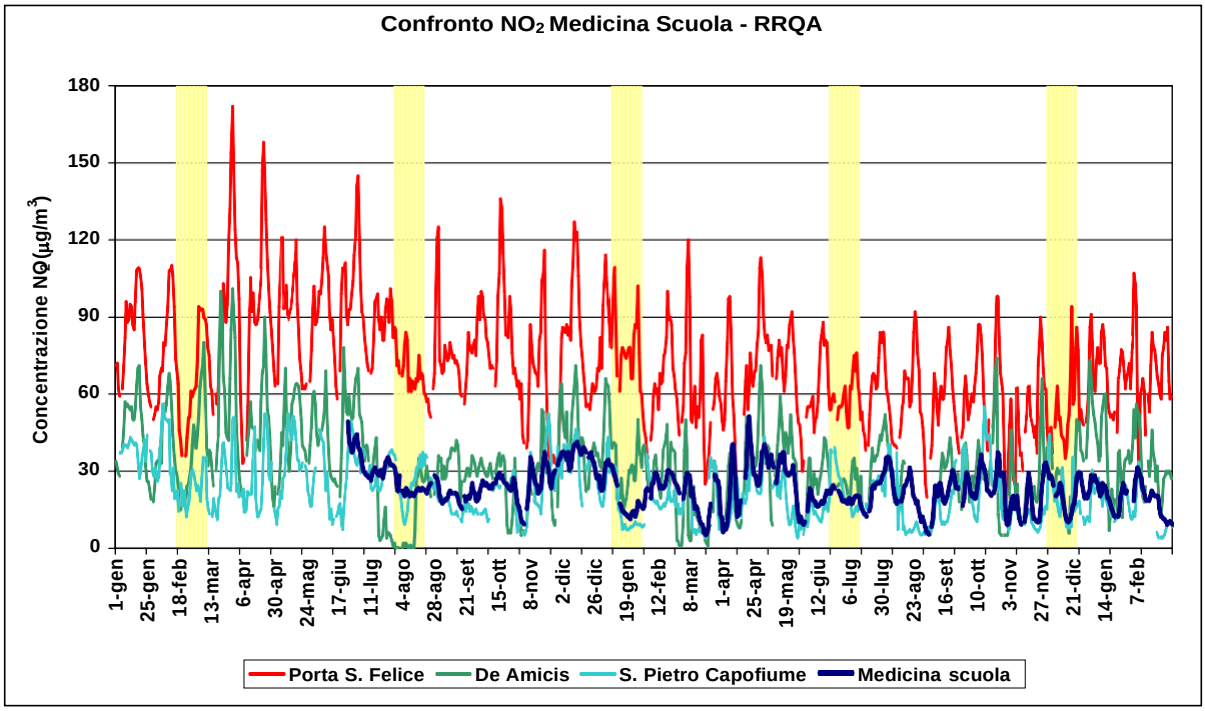


Grafico 1 – Confronto concentrazioni medie orarie di biossido di azoto

Appare evidente un andamento molto correlato con quello delle stazioni della rete con livelli apprezzabilmente paragonabili a quelli della stazione di fondo di San Pietro Capofiume.
Sempre relativamente al biossido di azoto, il successivo grafico 4 pone invece a confronto i giorni tipo (concentrazioni medie per ogni ora del giorno calcolate sull'intera durata dei rilievi dal lunedì al sabato) che caratterizzano gli stessi punti presi in esame.

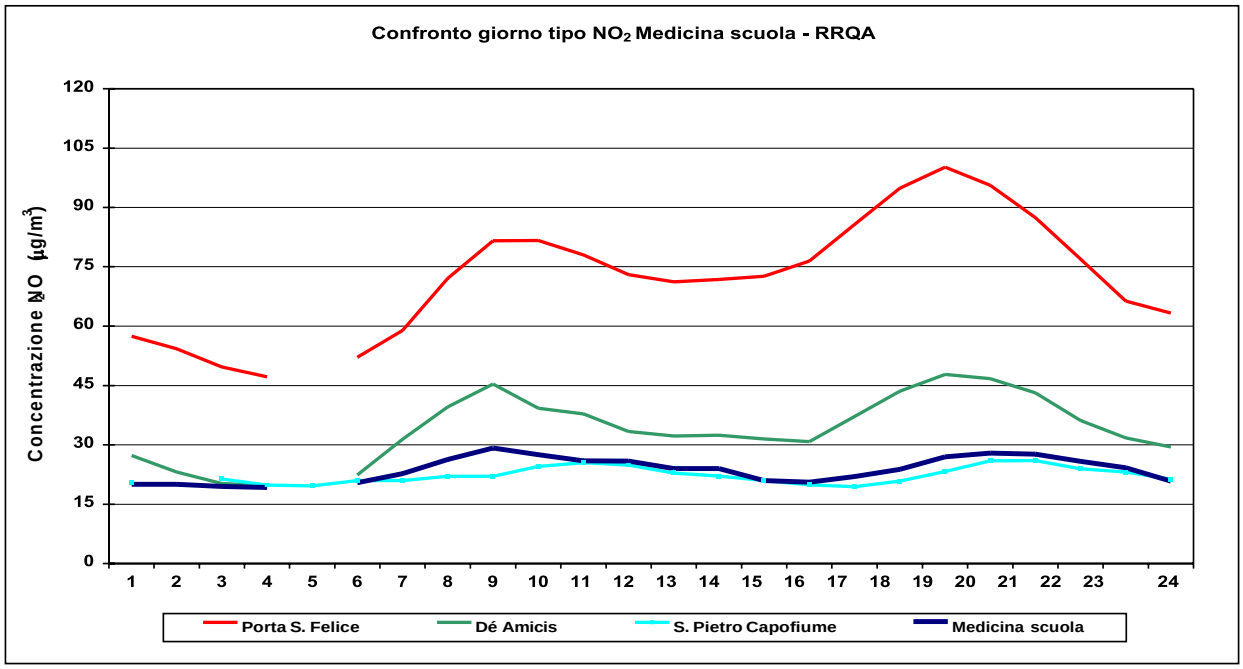


Grafico 2– Confronto giorno tipo biossido di azoto

Anche per i giorni tipo si evidenzia nel complesso una situazione assai più simile a quella di un fondo rurale (San Pietro Capofiume) che non a quella di un una stazione urbana da traffico (Imola De Amicis o peggio Bologna Porta san Felice). Si sottolinea che nonostante siano state misurate concentrazioni di modesta entità l'andamento rimane comunque quello tipico di una stazione da traffico, con i valori più elevati nelle ore di punta della mattina e della sera.
La seguente tabella riporta infine le concentrazioni medie e massime giornaliere del biossido di azoto, misurate durante la campagna nella postazione di monitoraggio e nelle stazioni prese a confronto.

Postazione	Concentrazione media NO_2 ($\mu g/m^3$)	Concentrazione massima NO_2 ($\mu g/m^3$)
Medicina scuola	23	51
Imola De Amicis	33	101
San Pietro Capofiume	22	56
Porta San Felice	71	172

Tabella 3 – Sintesi dei dati medi di biossido di azoto (NO_2) relativi alla campagna

Anche il confronto tra le medie e tra i valori massimi indica come l'area sottoposta a indagine presenti valori più prossimi a quelli di un fondo rurale piuttosto che a quelli di una stazione urbana. Infine nel grafico 3 sottostante si può valutare il confronto delle concentrazioni orarie tipiche dell'inquinante primario, il monossido di azoto, rappresentate dal lunedì al sabato durante tutto il periodo della campagna di monitoraggio.

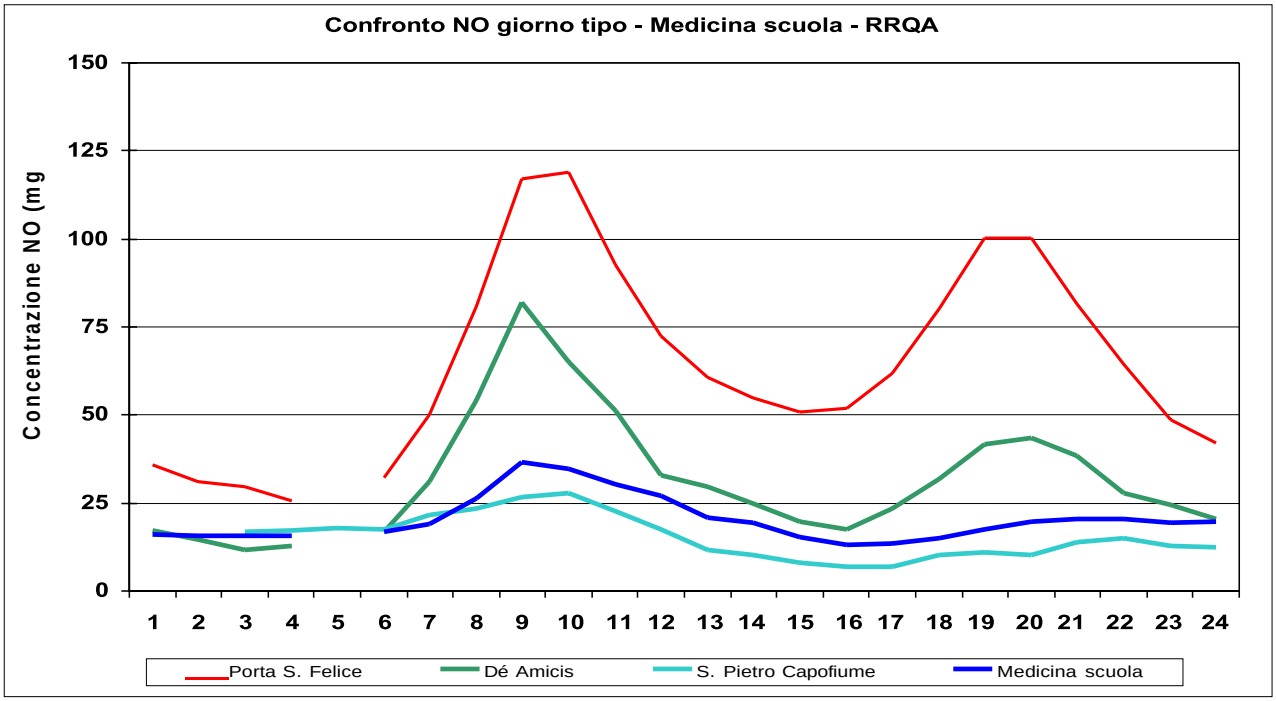


Grafico 3- Confronto giorni tipo del monossido di azoto

Nel sito di Medicina si nota un modesto innalzamento delle concentrazioni durante le ore di punta, soprattutto della mattina (ore 8:00 orario legale attuale) che potrebbe essere attribuito al contributo delle fonti da traffico veicolare.

4.2 OZONO O_3

L´ozono (O_3) è una sostanza inquinante secondaria in quanto si forma come risultato di reazioni chimiche complesse tra gas precursori, come gli ossidi di azoto e i composti organici volatili, che vengono attivate dal forte irraggiamento solare negli strati più bassi dell'atmosfera (la troposfera). L'ozono è una forma particolare di ossigeno, altamente reattiva e fortemente ossidante.
Durante il periodo di monitoraggio, visto il debole irraggiamento solare, abbiamo registrato concentrazioni che non hanno rappresentato alcuna criticità né rispetto ai limiti normativi né rispetto al confronto con i dati delle stazioni della rete di monitoraggio.
I valori sono rimasti sempre molto al di sotto della soglia normativa più bassa, quella del valore obiettivo per la protezione della salute umana, fissata a 120 µg/m^3 per la media sulle 8 ore.

La seguente tabella 4 riporta le concentrazioni orarie medie e massime dell'ozono misurate giornalmente durante la campagna nella postazione di monitoraggio presso la scuola secondaria G. Simoni di Medicina.

Medicina scuola		O_3 media	O_3 max	Medicina scuola		O_3 media	O_3 max
Data	**Giorno**	µg/m³	µg/m³	**Data**	**Giorno**	µg/m³	µg/m³
22/01/2016	ven	12	18	08/02/2016	lun	12	22
23/01/2016	sab	9	16	09/02/2016	mar	22	46
24/01/2016	dom	10	17	10/02/2016	mer	43	94
25/01/2016	lun	9	19	11/02/2016	gio	20	38
26/01/2016	mar	11	27	12/02/2016	ven	12	31
27/01/2016	mer	8	18	13/02/2016	sab	21	35
28/01/2016	gio	7	12	14/02/2016	dom	11	25
29/01/2016	ven	7	12	15/02/2016	lun	9	12
30/01/2016	sab	7	12	16/02/2016	mar	12	24
31/01/2016	dom	10	19	17/02/2016	mer	17	27
01/02/2016	lun	9	12	18/02/2016	gio	16	39
02/02/2016	mar	9	12	19/02/2016	ven	21	56
03/02/2016	mer	10	26	20/02/2016	sab	22	40
04/02/2016	gio	20	37	21/02/2016	dom	18	39
05/02/2016	ven	11	19	22/02/2016	lun	10	19
06/02/2016	sab	13	26	23/02/2016	mar	11	23
07/02/2016	dom	19	28	24/02/2016	mer	14	29

Tabella 4 – Sintesi dei dati medi orari giornalieri di ozono (O_3) relativi alla campagna.

Nel grafico 4 sono rappresentati gli andamenti delle concentrazioni medie orarie misurate durante il monitoraggio e nelle stazioni di fondo urbano in via Chiarini a Bologna e di fondo extra urbano di San Pietro Capofiume.
L'andamento dei dati registrati a Medicina appare ben correlato con quello dei dati rilevati presso la stazioni di San Pietro Capofiume e di via Chiarini a Bologna, sebbene l'andamento ed i valori siano sensibilmente più simili al fondo suburbano di Bologna.

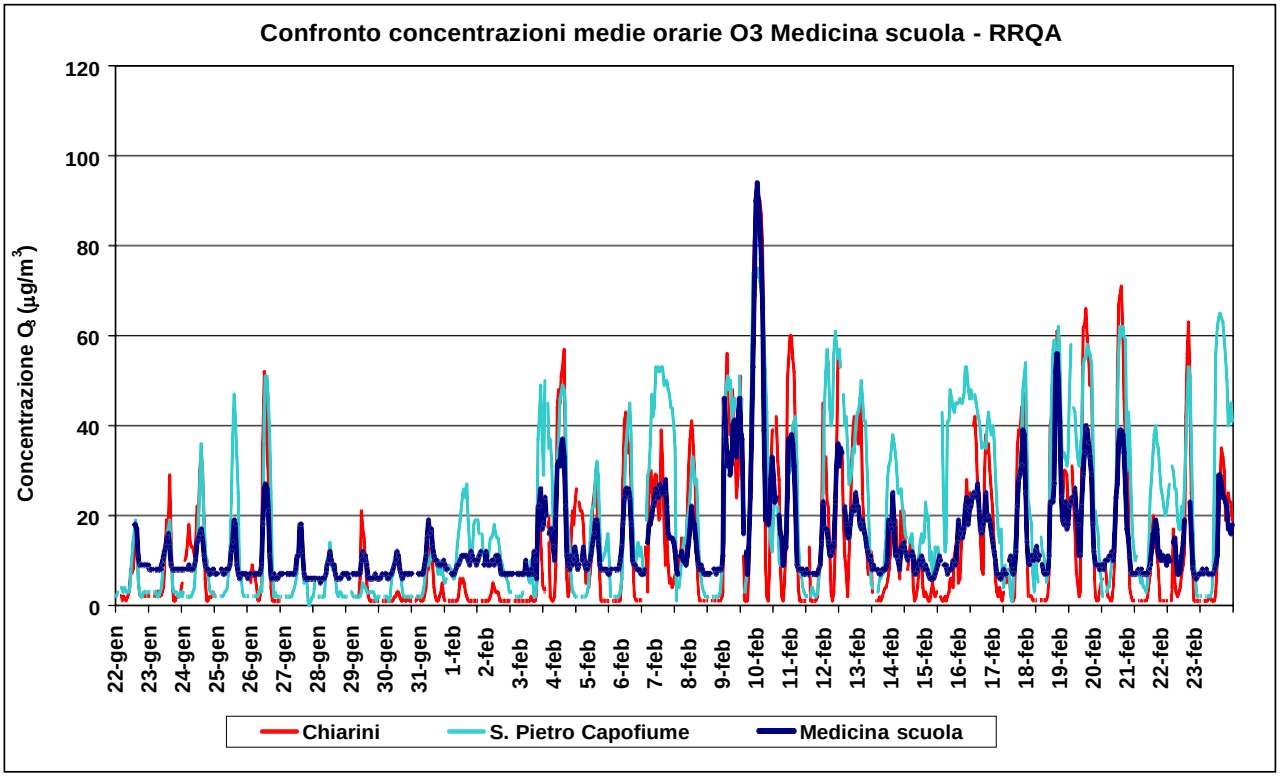


Grafico 4 – Andamento orario delle concentrazioni medie orarie di O_3 rilevate nel corso della campagna di monitoraggio

Infine nella tabella seguente sono riportate le concentrazioni orarie medie e massime sull'intero periodo di monitoraggio registrate sia nel sito di Medicina che presso le stazioni RRQA di Via Chiarini – Bologna e S. Pietro Capofiume.
Anche il confronto tra le medie e i valori massimi del periodo, come già visto per l'andamento delle medie orarie della campagna, indica come l'area sottoposta a indagine presenti valori più prossimi a quelli di una una stazione di fondo urbana piuttosto che a quelli di un fondo rurale, trattandosi comunque di valori bassi tipici del periodo invernale.

Postazione	Concentrazione media O_3 (µg/m^3)	Concentrazione massima O3 (µg/m^3)
Medicina scuola	14	94
Via Chiarini (Bologna)	14	91
San Pietro Capofiume	20	75

Tabella 5 – Sintesi dei dati medi di ozono (O_3) relativi alla campagna.

4.3 MONOSSIDO DI CARBONIO CO

Il monossido di carbonio (CO) è un inquinante primario emesso direttamente durante le combustioni in difetto di ossigeno e, originato per la maggior parte dal traffico veicolare. Oggi, con

l'evoluzione continua delle tecnologie legate ai dispositivi a combustione, la presenza di monossido di carbonio in aria ambiente si è ridotta a valori minimi. Infatti tale inquinante rappresenta ormai quasi ovunque una bassissima criticità; e riveste un qualche interesse soltanto negli ambiti urbani ed in particolare nelle postazioni da traffico.

I livelli di monossido di carbonio, sia orari che giornalieri, misurati durante la campagna di monitoraggio sul sito indagato, risultano assolutamente ben al di sotto dei limiti normativi previsti (10 mg/m^3), come peraltro è avvenuto anche presso le centraline di monitoraggio della RRQA.

Preme sottolineare che durante l'intera campagna di monitoraggio le concentrazioni misurate di monossido di carbonio sono rimaste quasi permanentemente al di sotto del limite di quantificazione dello strumento che si trova posizionato a 0.6 mg/m^3, un ordine di grandezza in meno rispetto al limite.

La più alta media oraria rilevata su tutto il periodo in esame è stata pari a 1,36 mg/m^3, misurata alle ore 9:00 del mattino di lunedì 25 gennaio.

Considerando che l'unico limite posto dalla normativa è quello di 10 mg/m^3, stabilito per la media massima giornaliera su 8 ore, se ne può concludere l'assoluta irrilevanza, in termini di concentrazioni misurate, del CO come inquinante nell'area sottoposta ai rilievi.

Nella tabella seguente sono riportate le concentrazioni orarie medie e massime sull'intero periodo di monitoraggio registrate sia nel sito di Medicina che presso le stazioni RRQA di Porta San Felice e Imola de Amicis.

Postazione	**Concentrazione media CO (mg/m^3)**	**Concentrazione massima CO (mg/m^3)**
Medicina scuola	0,59	1,76
Imola De Amicis	0,57	2,70
Porta San Felice	0,87	2,30

Sintesi dei dati medi di Monossido di Carbonio (CO) relativi alla campagna.

Invece la distribuzione delle concentrazioni orarie durante l'arco della giornata può avere un qualche interesse, in quanto risulta rappresentativa del classico andamento di un sito soggetto all'influenza delle fonti inquinanti da traffico veicolare, soprattutto nelle ore del mattino.

Nel grafico seguente possiamo apprezzare l'andamento orario del giorno tipo, dal lunedì al sabato, del monossido di carbonio nella postazione di Medicina, confrontato con quello delle stazioni della rete di monitoraggio considerate.

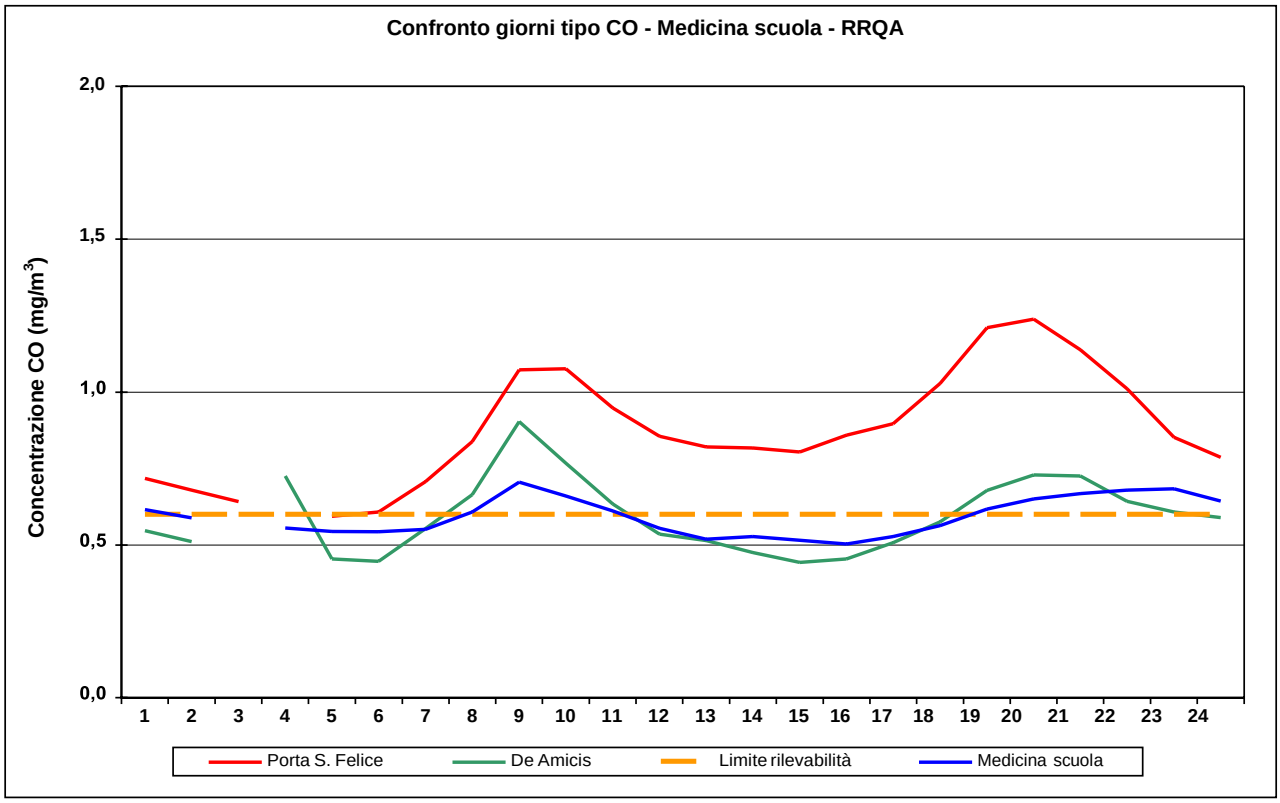


Grafico 6 - Andamento orario del giorno tipo per le concentrazioni medie orarie di CO rilevate nel corso della campagna di monitoraggio

4.4 PARTICOLATO PM_{10}

Il particolato PM_{10}, è l'inquinante atmosferico per il quale si registrano più comunemente superamenti dei valori limite posti dalla normativa.
E' costituito da particelle con diametro aerodinamico equivalente inferiore a 10 micrometri, a loro volta composte da diversi componenti chimici (solfati, nitrati, ammonio), da una frazione carboniosa dovuta principalmente alla combustione, ed anche alcune sostanze tossiche tossiche come l'arsenico e gli IPA, o metalli pesanti come il cadmio, il mercurio e il nickel.
La pericolosità è dovuta al fatto che il PM_{10}, una volta inalato può penetrare in profondità nelle vie respiratorie.
Una parte del PM_{10} (PM_{10} primario) è emessa direttamente nell'atmosfera ed è dovuta principalmente ai processi di combustione, mentre una seconda parte (PM_{10} secondario) si forma come risultato di reazioni chimiche che coinvolgono i gas precursori, oppure come aggregazione di particelle originariamente più piccole e non rilevabili.
Nella pagina seguente vengono riportate in tabella 5 le medie giornaliere di PM_{10}, registrate nella postazione di monitoraggio e nelle stazioni della RRQA di Imola De Amicis, San Pietro Capofiume e Bologna Porta San Felice, e successivamente, nel grafico 7, possiamo appezzare l'andamento dei valori tabellati; le colonne in giallo evidenziano le domeniche.

PM_{10} - concentrazioni medie giornaliere ($\mu g/m^3$)					
	giorno	**Medicina Scuola**	**Imola De Amicis**	**San Pietro Capofiume**	**Porta San Felice**
22/01/2016	ven	73	68	70	76
23/01/2016	sab	73	63	79	67
24/01/2016	dom	76	68	76	65
25/01/2016	lun	70	66	75	55
26/01/2016	mar	64	37	68	38
27/01/2016	mer	62	53	57	48
28/01/2016	gio	98	76	99	74
29/01/2016	ven	67	71	70	68
30/01/2016	sab	136	42	116	122
31/01/2016	dom	42	15	32	54
01/02/2016	lun	33	43	36	42
02/02/2016	mar	47	52	30	44
03/02/2016	mer	39	34	29	54
04/02/2016	gio	11	10	10	15
05/02/2016	ven	32	27	26	31
06/02/2016	sab	47	39	37	42
07/02/2016	dom	27	21	20	22
08/02/2016	lun	25	21	22	30
09/02/2016	mar	20	2	5	18
10/02/2016	mer	9	4	3	10
11/02/2016	gio	25	21	20	20
12/02/2016	ven	32	18	21	29
13/02/2016	sab	26	25	30	33
14/02/2016	dom	46	37	34	42
15/02/2016	lun	28	26	29	26
16/02/2016	mar	11	14	13	14
17/02/2016	mer	9	10	8	15
18/02/2016	gio	22	18	21	24
19/02/2016	ven	17	16	13	
20/02/2016	sab	15	13	9	
21/02/2016	dom	18	16	17	
22/02/2016	lun	37	35	38	
23/02/2016	mar		31	29	46
24/02/2016	mer	35	24	15	34

Tabella 6 – Tabella dei dati giornalieri di PM_{10} relativi alla campagna.

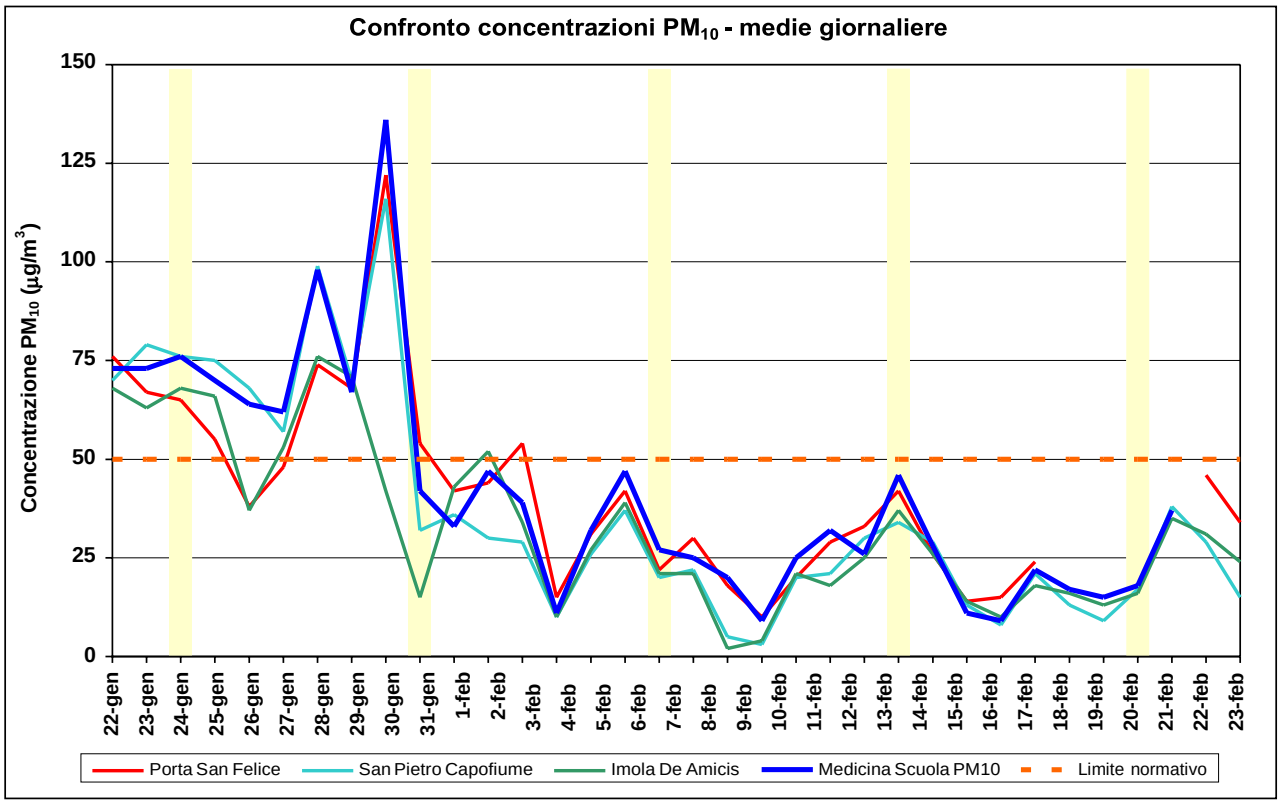


Grafico 7 – Andamento delle concentrazioni medie giornaliere rilevate nel corso della campagna di monitoraggio

In linea di massima l'andamento delle concentrazioni medie giornaliere presso la scuola appare abbastanza simile a quello misurato nelle stazioni della RRQA considerate, in particolare a quello della stazione di San Pietro Capofiume, anche se i valori sono generalmente più simili a quelli misurati a Porta San Felice.

Analizzando i dati di sintesi rappresentati nella tabella 7 e nel grafico 8, si può affermare che nel complesso l'area sottoposta ad indagine presenta concentrazioni di PM_{10} più prossime a quelle della stazione urbana da traffico di Bologna – Porta San Felice.

Postazione	Media	Min	Max	Resa	N. dati	Superamenti limite normativo
Medicina Scuola	42	9	136	97%	33	9
Imola De Amicis	33	2	76	100%	34	8
San Pietro Capofiume	37	3	116	100%	34	9
Porta San Felice	42	10	122	88%	30	9

Tabella 7 – Tabella di sintesi dei dati del periodo di PM_{10} relativi alla campagna.

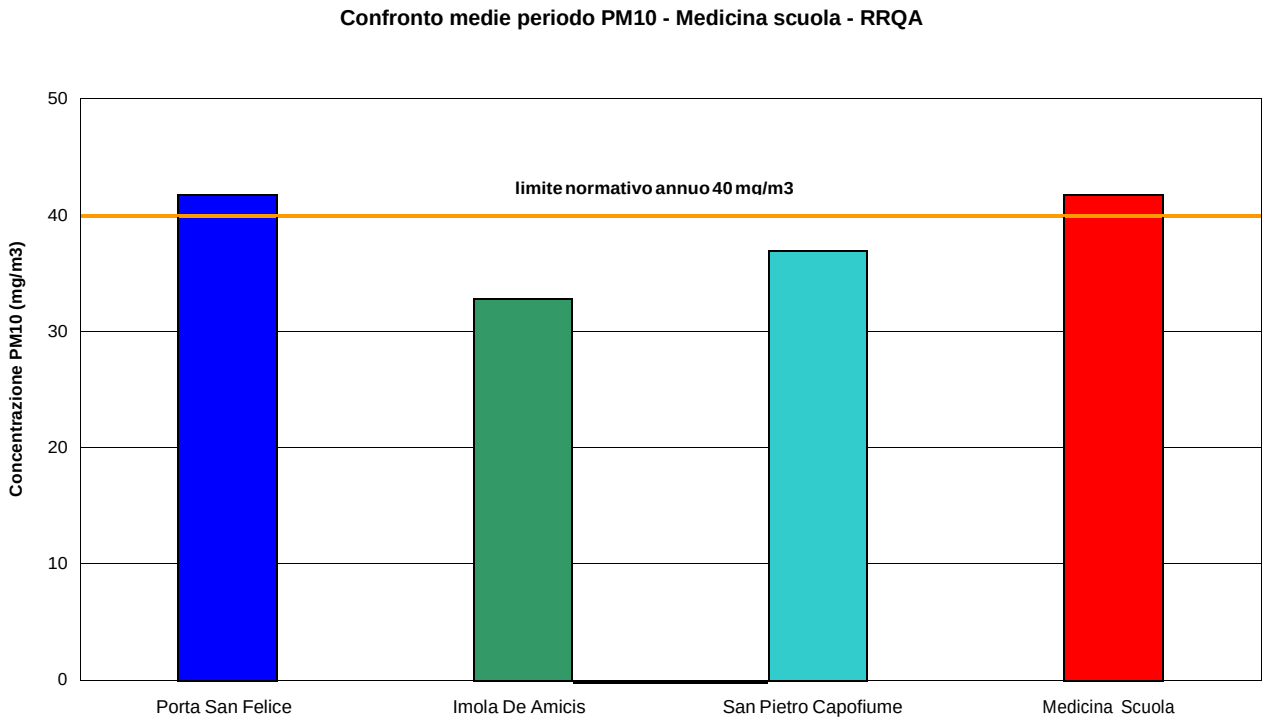


Grafico 8 – Confronto delle concentrazioni medie di PM10 rilevate nel corso della campagna di monitoraggio

Differenze puntuali nei valori delle concentrazioni giornaliere della postazione mobile di monitoraggio rispetto a quelle fisse della rete possono ritenersi in parte attribuibili, oltre che alle diverse specificità dei punti di misura, anche alla diversità nelle tecniche di rilevazione: metodo gravimetrico per il campionatore utilizzato sul laboratorio mobile e analizzatori automatici beta presso le postazioni della rete. Va però sottolineato che i due metodi, per quanto basati su principi differenti, risultano mediamente equivalenti in base ai criteri stabiliti dalla normativa.
Durante il periodo di monitoraggio si sono verificate su scala regionale, soprattutto per il particolato atmosferico, situazioni indubbiamente favorevoli all'accumulo degli inquinanti e sono stati registrati ovunque ampi superamenti del limite normativo giornaliero pari a pari a 50 µg/m^3 per il PM_{10}.
Nella tabella 7 sono riportati anche i superamenti del limite giornaliero misurati durante la campagna in tutti i punti considerati.

4.5 PARTICOLATO $PM_{2,5}$

E' la frazione fine del particolato atmosferico, composta da particelle solide e liquide con diametro aerodinamico equivalente inferiore a 2,5 micrometri. Ha una dispersione più omogenea rispetto al PM_{10}.
La composizione è simile a quella del PM_{10}, con una componete carboniosa (nerofumo) più consistente causata di solito, in ambito urbano, dal trasporto stradale e principalmente dalle emissioni dei motori diesel.

Normalmente l'andamento del particolato $PM_{2,5}$ replica, a concentrazioni ovviamente inferiori, quello del PM_{10}.: possiamo trovarne conferma nel grafico 9 e nella tabella 8.

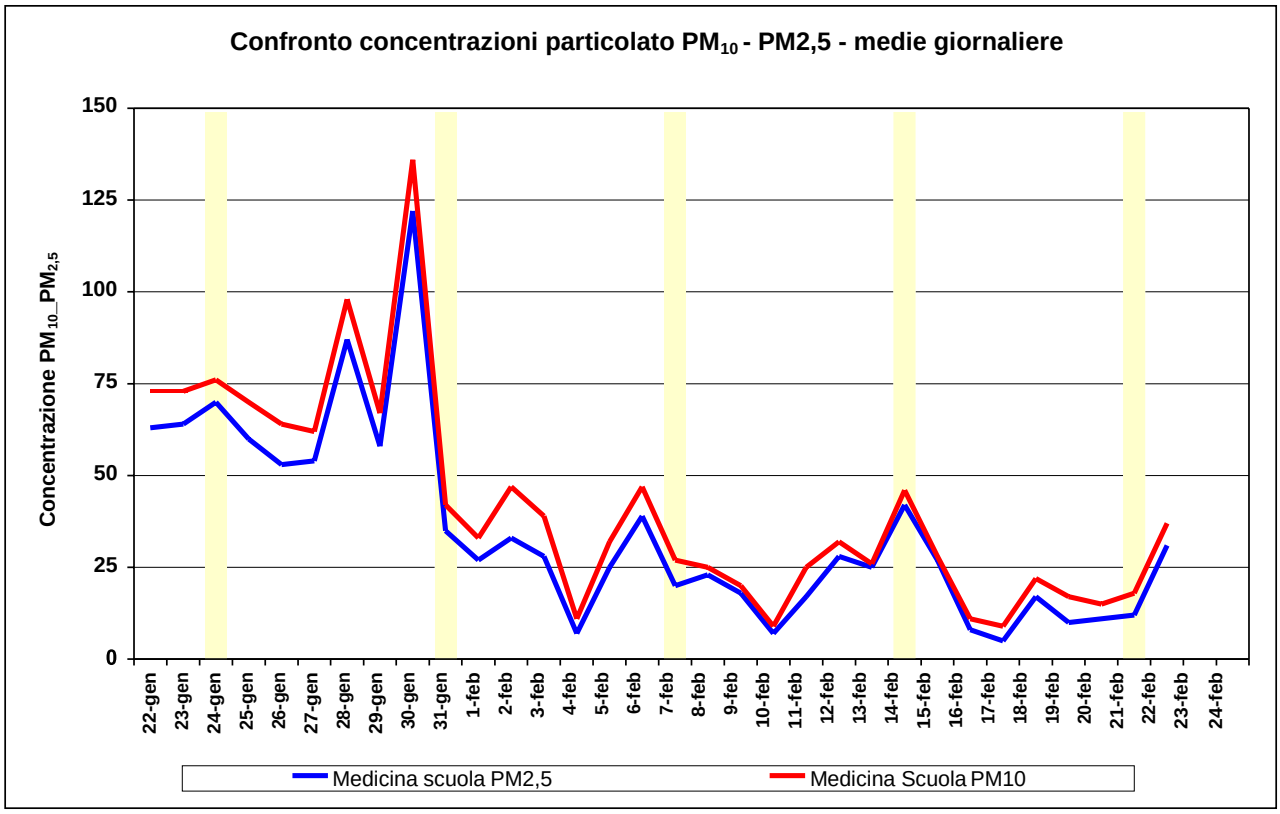


Grafico 9 – Confronto concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} e $PM_{2,5}$ rilevate nel corso della campagna di monitoraggio

Medicina Scuola G. Simoni				
Data	**giorno**	**PM_{10} mg/m^3**	**$PM_{2.5}$ mg/m^3**	**$PM_{2.5}/PM_{10}$**
22/01/2016	ven	73	63	86,3%
23/01/2016	sab	73	64	87,7%
24/01/2016	dom	76	70	92,1%
25/01/2016	lun	70	60	85,7%
26/01/2016	mar	64	53	82,8%
27/01/2016	mer	62	54	87,1%
28/01/2016	gio	98	87	88,8%
29/01/2016	ven	67	58	86,6%
30/01/2016	sab	136	122	89,7%
31/01/2016	dom	42	35	83,3%
01/02/2016	lun	33	27	81,8%
02/02/2016	mar	47	33	70,2%
03/02/2016	mer	39	28	71,8%
04/02/2016	gio	11	7	63,6%
05/02/2016	ven	32	25	78,1%
06/02/2016	sab	47	39	83,0%
07/02/2016	dom	27	20	74,1%
08/02/2016	lun	25	23	92,0%
09/02/2016	mar	20	18	90,0%
10/02/2016	mer	9	7	77,8%
11/02/2016	gio	25	17	68,0%
12/02/2016	ven	32	28	87,5%
13/02/2016	sab	26	25	96,2%
14/02/2016	dom	46	42	91,3%
15/02/2016	lun	28	27	96,4%
16/02/2016	mar	11	8	72,7%
17/02/2016	mer	9	5	55,6%
18/02/2016	gio	22	17	77,3%
19/02/2016	ven	17	10	58,8%
20/02/2016	sab	15	11	73,3%
21/02/2016	dom	18	12	66,7%
22/02/2016	lun	37	31	83,8%
23/02/2016	mar			
24/02/2016	mer	35	22	62,9%

Tabella 8 – Riepilogo dei valori di concentrazione giornaliera di PM_{10} e $PM_{2,5}$ rilevata nel corso della campagna alla scuola media G. Simoni

Il confronto con altre stazioni della rete dove è rilevato il $PM_{2,5}$ (grafico 10) presenta un andamento che in alcuni giorni si discosta da quello delle stazioni RRQA, confermando una peculiarità del sito parzialmente riconducibile all'ubicazione.

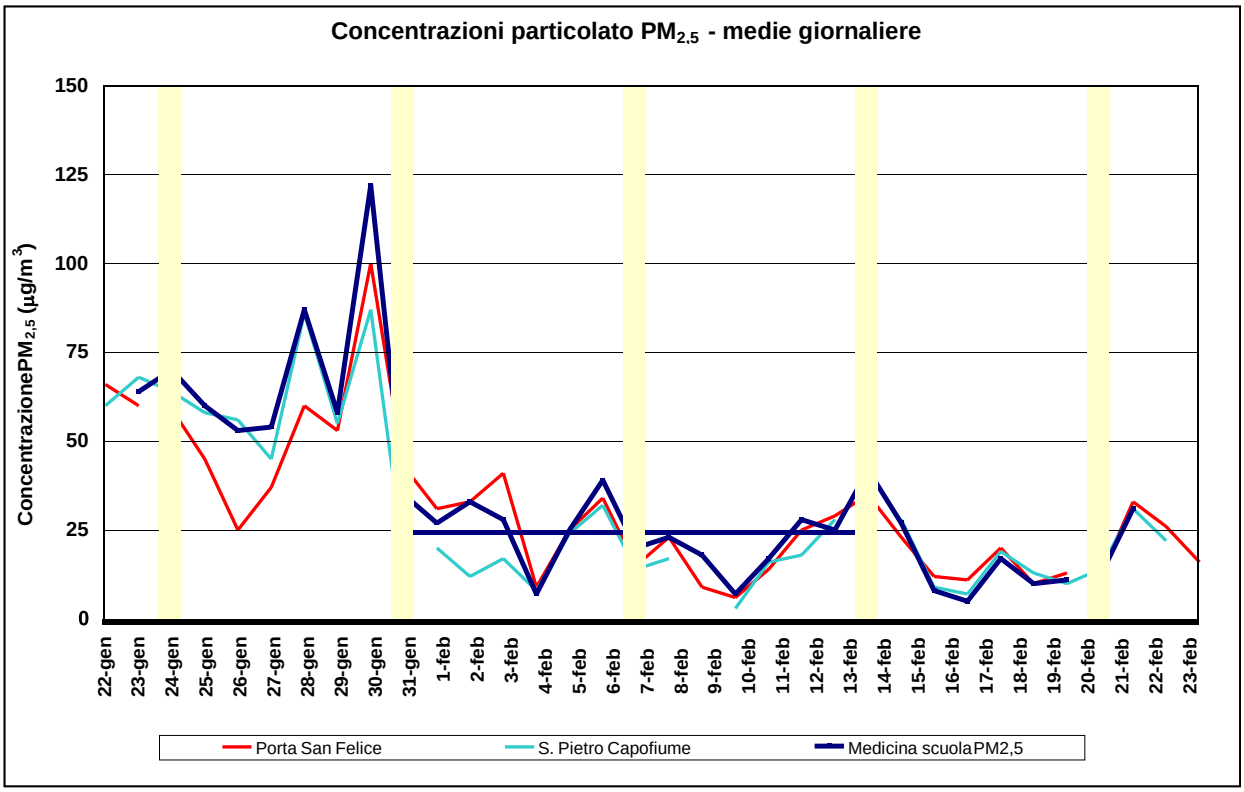


Grafico 10 – Confronto concentrazioni medie giornaliere $PM_{2,5}$ rilevate nel corso della campagna di monitoraggio e nelle stazioni della rete considerate.

La concentrazione media ed i valori minimo e massimo sul periodo complessivo di monitoraggio, riportati nella seguente tabella 9 e nel grafico 10, confermano quanto esposto sopra in merito agli andamenti.

Nel complesso il sito in esame ha presentato mediamente livelli di $PM_{2.5}$ leggermente superiori a quelli delle stazioni della RRQA, che invece risultano simili tra loro nonostante siano rappresentative contesti completamente diversi.

Anche per il $PM_{2.5}$ valgono le considerazioni sulle differenti tecniche di rilevazione utilizzate (quella gravimetrica della postazione mobile rispetto a quella automatica-beta delle stazioni della RRQA) già fatte per il PM_{10}.

Postazione	Media	Min	Max	Resa	N. dati
Medicina scuola	35	5	122	97,1%	33
S. Pietro Capofiume	31	6	87	94,1%	32
Porta San Felice	31	3	100	100%	34

Tabella 9 – Riepilogo dei valori di concentrazione giornaliera di PM2,5 rilevata nel corso della campagna alla scuola media G. Simoni

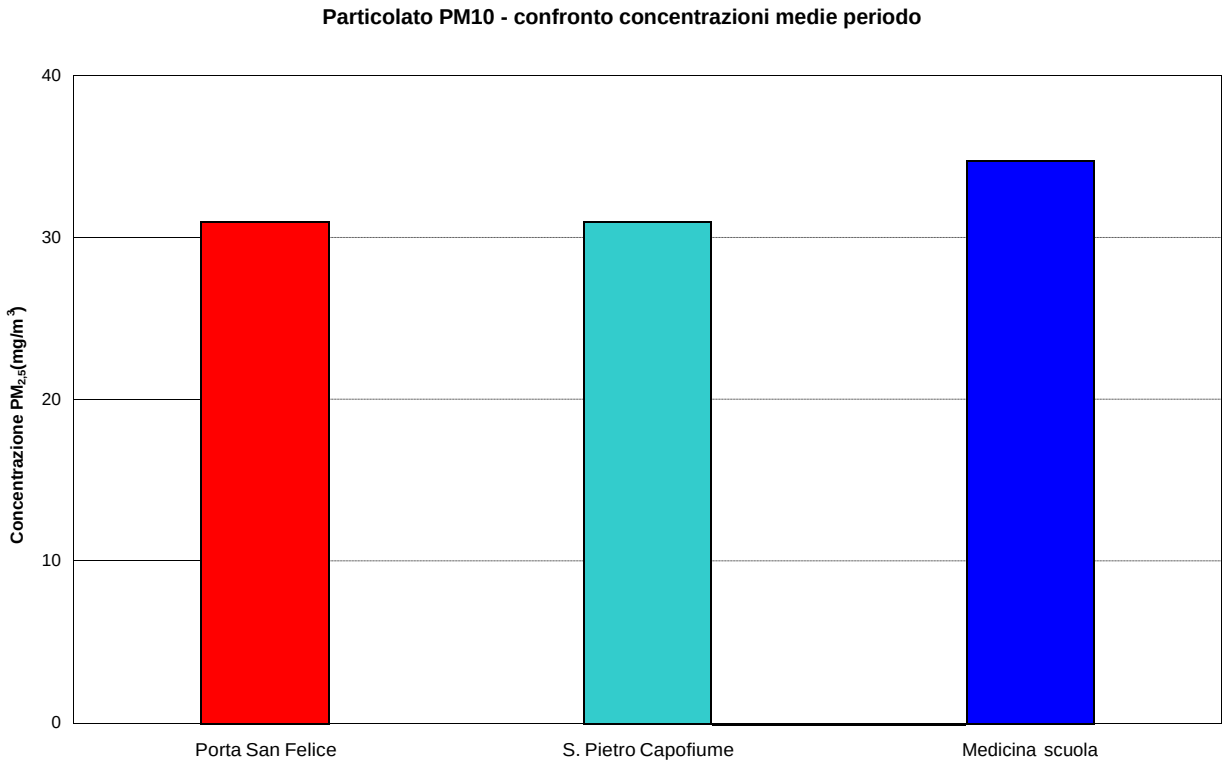


Grafico 11 – Confronto delle concentrazioni medie di $PM_{2,5}$ rilevate nel corso della campagna di

4.6 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI I.P.A.

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) costituiscono un numeroso gruppo di composti organici, contenuti anche nel carbone e nei prodotti petroliferi, che vengono emessi in atmosfera come residui di combustioni incomplete. Tra essi il composto più studiato e rilevato è il benzo(a)pirene, del quale si è accertata la cancerogenicità e che quindi risulta soggetto al limite normativo annuo di 1 ng/m^3.
La sorgente più significativa è rappresentata dagli scarichi dei motori a combustione ed in parte anche dalla combustione di biomassa legnosa per il riscaldamento domestico.
Gli idrocarburi policiclici aromatici vengono determinati come frazione del particolato depositato sui filtri utilizzati per la misura del PM_{10}. Generalmente i dati raccolti nelle campagne di monitoraggio, relativi a poco più di una ventina di composti di questo genere, vengono espressi come concentrazioni relative all'intero periodo di campagna o su base mensile, qualora la copertura dei dati sia sufficientemente rappresentativa (come avviene ad esempio per le stazioni della rete di monitoraggio). Per la campagna in oggetto si è proceduto aggregando i filtri in un unico campione.
Nel grafico 12 troviamo le concentrazioni degli IPA analizzati sui campioni prelevati durante l'intero periodo di monitoraggio presso la postazione in Medicina.

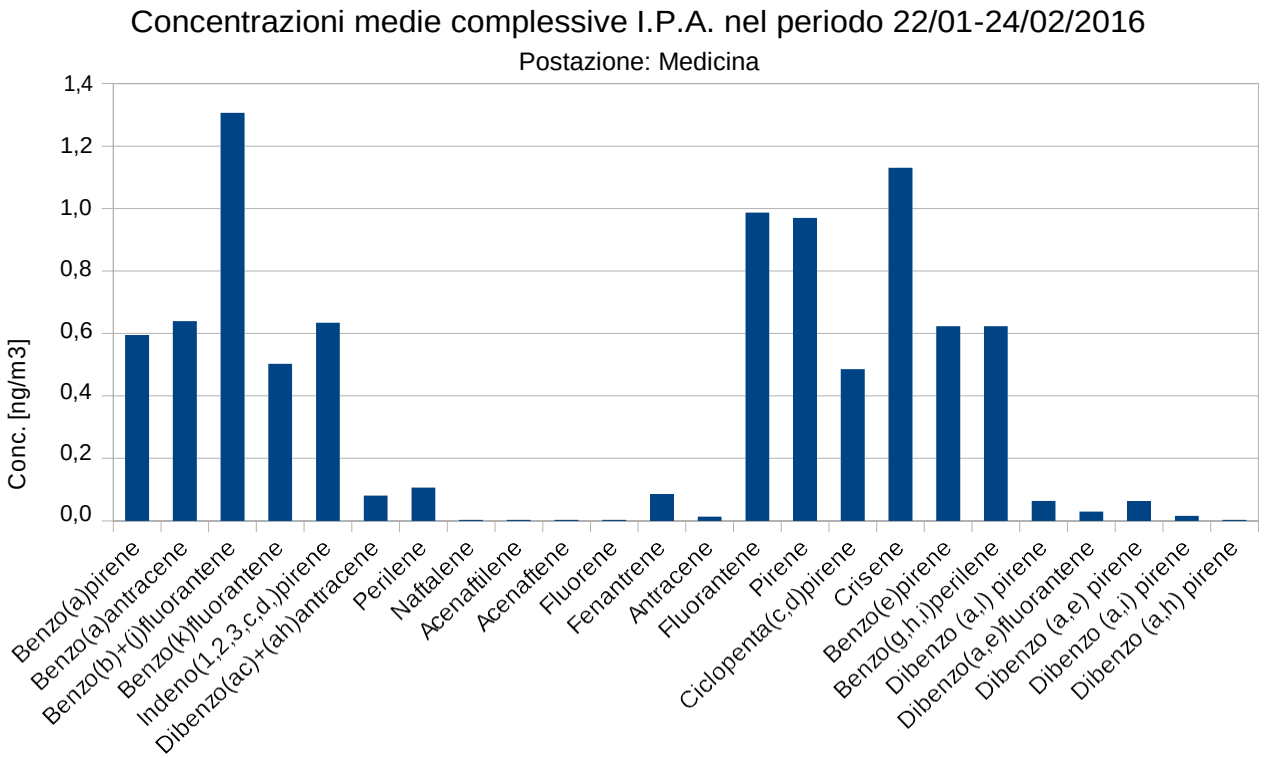


Grafico 12 – Concentrazioni dei vari IPA misurati nella campagna presso la scuola G. Simoni

Si è proceduto al confronto dei valori rilevati presso la Scuola G. Simoni con quelli misurati dalle stazioni della rete di monitoraggio, operando una media pesata tra i livelli mensili di gennaio e febbraio di queste ultime poiché per le stazioni della rete i filtri vengono aggregati in campioni su base mensile.

La metodologia di confronto appena descritta è stata seguita per le stazioni di Porta San Felice e San Pietro Capofiume.

Come si può osservare dai confronti riportati nei grafici, i livelli misurati presso la scuola sono risultati tutti superiori sia a quelli di Porta San Felice (stazione urbana da traffico di Bologna) che a quelli di San Pietro Capofiume (stazione di fondo rurale).

Nei grafici seguenti troviamo dapprima i confronti tra le concentrazioni medie del periodo per gli IPA totali (grafico 13) e successivamente quelle per il solo parametro per il quale è presente il limite normativo annuale, il Benzo(A)pirene (grafico 14). La concentrazione di quest'ultimo è risultata inferiore al limite annuale, nonostante il monitoraggio sia stato effettuato durante l'inverno, stagione durante la quale si raggiungono le concentrazioni più alte.

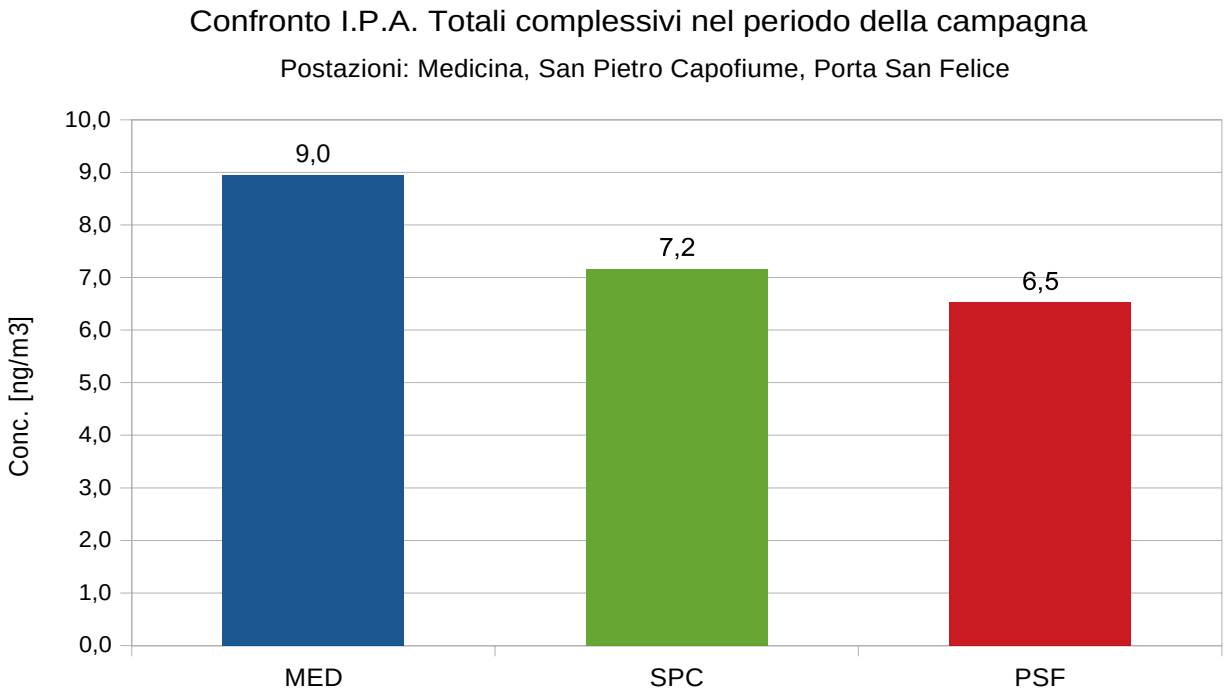


Grafico 13 – Confronto concentrazioni degli IPA totali misurati nella campagna presso la scuola G. Simoni e RRQA

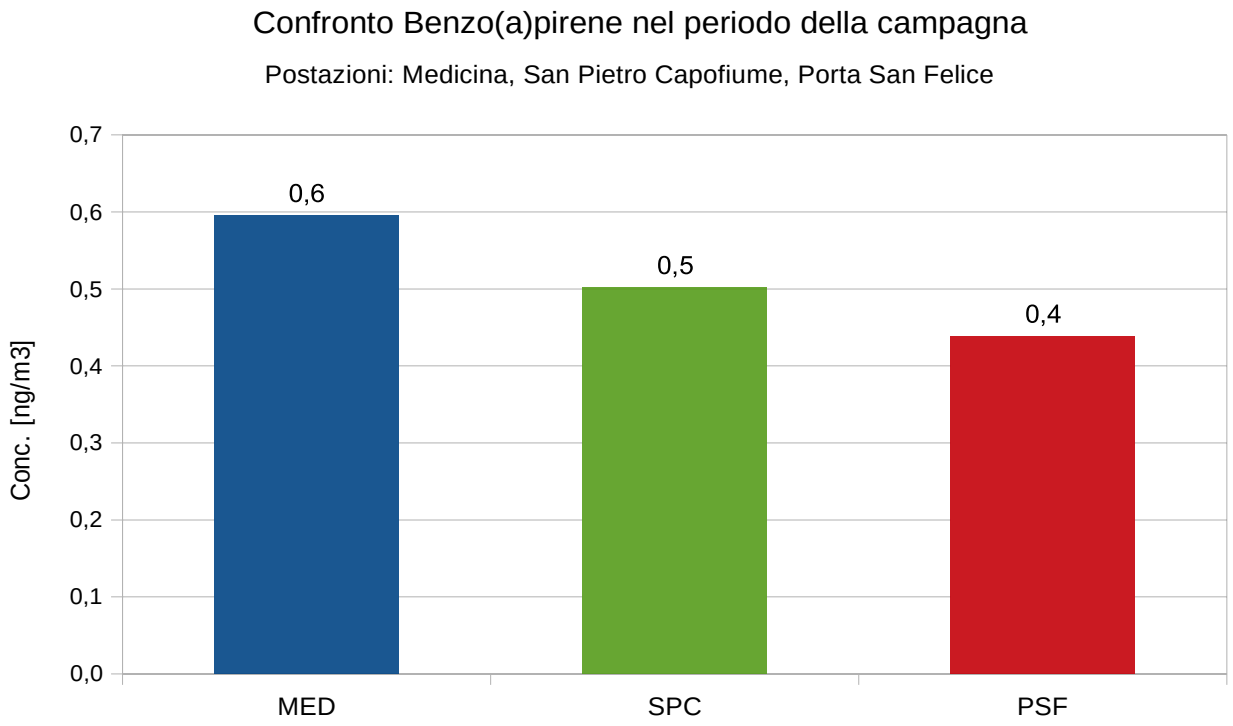


Grafico 14 – Confronto concentrazioni del Benzo(a)pirene totali misurato nella campagna presso la scuola G. Simoni e nelle stazioni della RRQA

4.8 PARAMETRI METEOROLOGICI

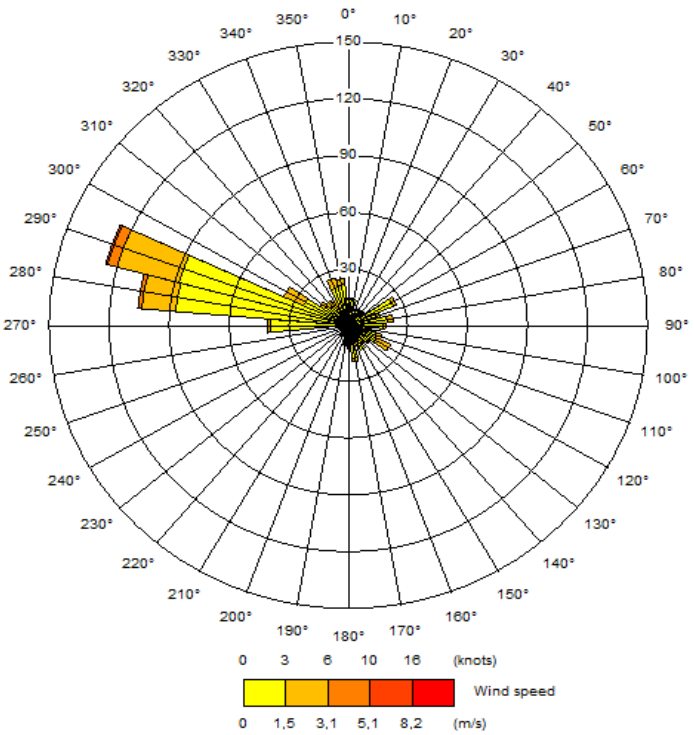
In base alla dotazione del mezzo mobile impiegato, i parametri meteo che sono stati acquisiti nel corso della campagna sono: precipitazioni, direzione e velocità vento.
Tali parametri possono avere un impatto rilevante sulla diffusione e la dispersione degli inquinanti in atmosfera, sia di quelli gassosi che del particolato.

Di seguito vengono presentati i valori misurati per i vari parametri rilevati e analizzate le eventuali influenze degli stessi sui livelli di concentrazione osservati per i diversi inquinanti.

4.8.1 PRECIPITAZIONI

Il periodo di misura è stato caratterizzato da una prima parte abbastanza pressoché priva di precipitazioni a cui ha fatto seguito una seconda contraddistinta da eventi piovosi di una certa rilevanza. La media delle precipitazioni cumulate rilevate nell'intero periodo è stata pari a 2,6mm giornalieri, concentrati perlopiù a partire dal 10 al 24 febbraio, durante il quale la media è salita a 5,2mm.

4.8.2 VENTI



Per quanto riguarda il regime della ventilazione relativo alla campagna di monitoraggio, è possibile elaborare una rosa dei venti complessiva, ottenendo il diagramma riportato a fianco.
I venti prevalenti provengono dal quadrante ovest-nordovest, cioè dalla direzione in cui si trova il centro abitato, che pertanto potrebbe costituire l'origine di una parte degli inquinanti rilevati a presso la scuola.

Grafico 15 – Profilo anemometrico globale della campagna rilevato presso la scuola G.Simoni

Nel seguente grafico 14 possiamo analizzare l'andamento delle precipitazioni assieme all'andamento delle concentrazioni di PM_{10} e $PM_{2.5}$.
Risulta evidente come i massimi livelli di PM_{10} e $PM_{2.5}$ siano stati raggiunti durante la terza decade di gennaio, quando si è verificato un periodo di totale assenza di precipitazioni.
Viceversa la successiva comparsa e il progressivo intensificarsi di fenomeni piovosi sono stati seguiti da livelli di particolato notevolmente inferiori.

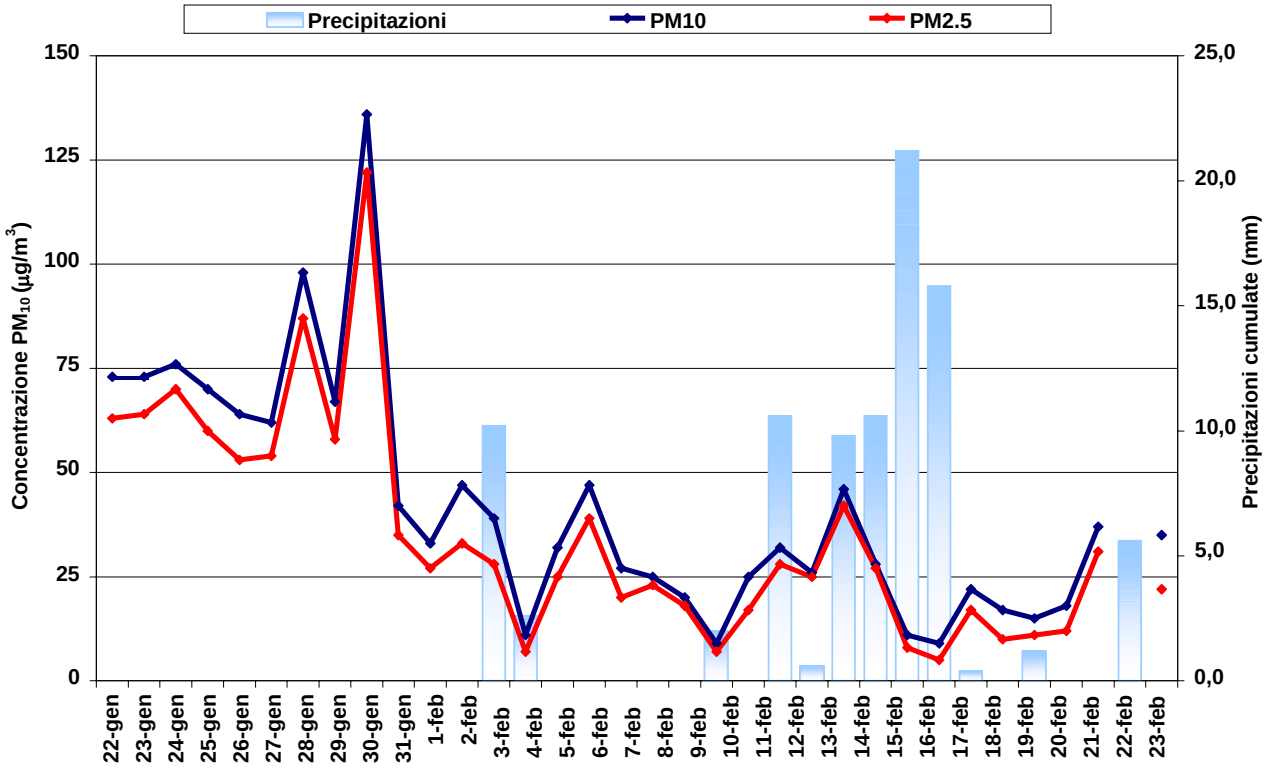


Grafico 16 – Andamenti delle precipitazioni cumulate giornaliere e delle concentrazioni di materiale particolato (PM10 e PM2.5)

Anche la velocità del vento sembra aver inciso talvolta sulle concentrazioni del materiale particolato, soprattutto nelle giornata del 9 febbraio, quando si sono verificate le massime intensità medie giornaliere del vento . Ciò è evidenziato dalla seguente figura 15.
Pertanto possiamo distinguere la campagna in due periodi fondamentali: il primo terminato alla fine di gennaio con un quadro meteorologico prevalentemente caratterizzato da una bassa diffusività atmosferica, tipica del periodo invernale, e parametri meteo tali da non produrre effetti favorevoli all'abbattimento degli inquinanti; ed un secondo periodo, sino al termine della campagna, nel quale si è decisamente invertita la tendenza. Queste ultime considerazioni si possono estendere a tutto il territorio regionale.

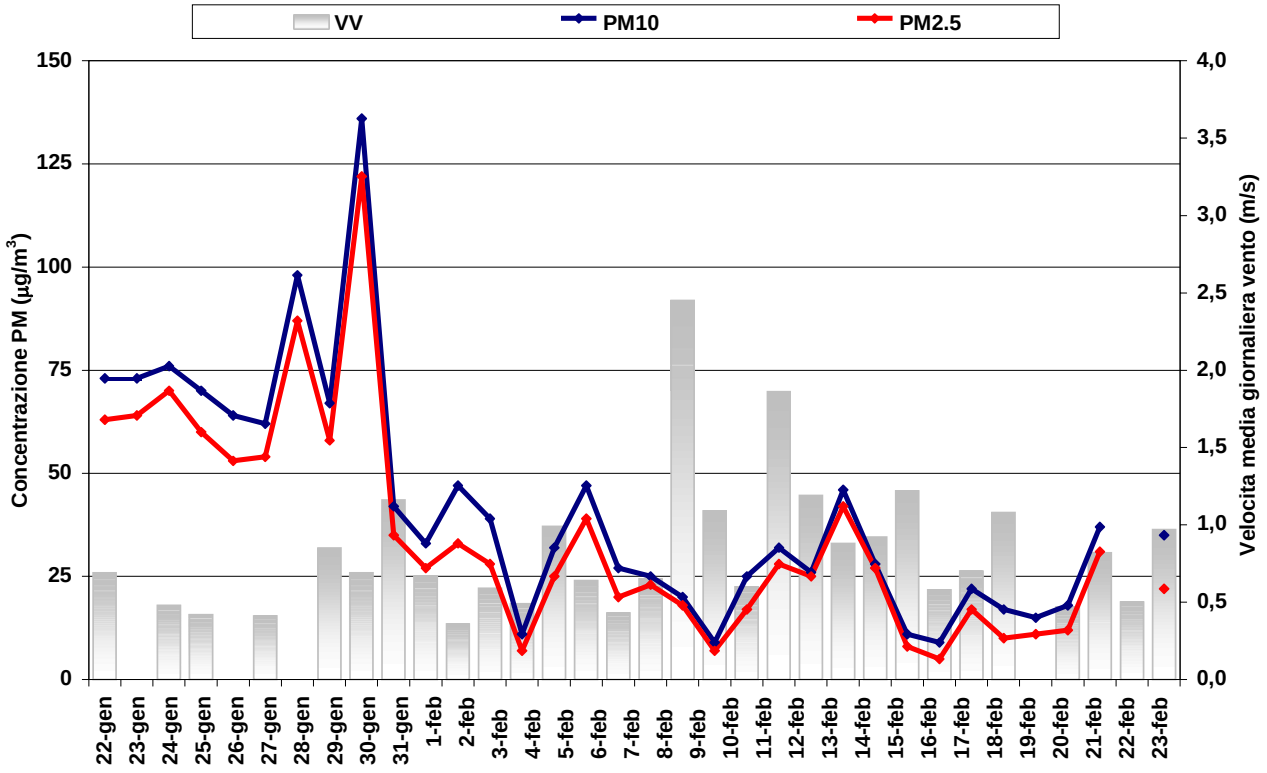


Grafico 17 – Andamenti della velocità media giornaliera e delle concentrazioni di materiale particolato (PM_{10} e $PM_{2.5}$)

5. CONCLUSIONI

Dai dati raccolti e da quanto emerso nella loro analisi è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- **Ossidi di azoto**

Per il biossido di azoto (NO_2) il monitoraggio ha evidenziato valori in linea con la stagionalità dell'inquinante; non è stato registrato alcun superamento del limite per la concentrazione media oraria. Mediamente i livelli risultano paragonabili con quelli della stazione di fondo extra urbano di San Pietro Capofiume, caratterizzata dal rispetto del valore limite annuale di 40 µg/m^3.

Gli andamenti delle concentrazioni del giorno tipo registrate per il monossido di azoto (NO) denotano una situazione compatibile con un'area urbanizzata, in cui i contributi del traffico veicolare, soprattutto nei giorni lavorativi e nelle ore del mattino, incrementano i valori a livelli superiori a quelli del sito di fondo. L'impatto delle emissioni più prossime al sito di misura, evidente per il monossido di azoto, non si traduce però in livelli particolarmente rilevanti di biossido, a causa della relativa lentezza del processo di ossidazione del monossido nelle tipiche condizioni

meteorologiche invernali.

- **Ozono**

Data la forte connotazione stagionale di questo inquinante che si manifesta in concentrazioni elevate nel periodo estivo, non risultano criticità.

- **Monossido di carbonio**

Gli esiti delle misurazioni su questo inquinante non hanno mostrato alcuna criticità, trattandosi di livelli attestati a circa un ordine di grandezza in meno rispetto al limite normativo.

- **Particolato**

Qualitativamente l'andamento delle concentrazioni del particolato in genere è abbastanza allineato a quello delle stazioni della rete regionale di monitoraggio di Bologna Porta San Felice e di fondo extraurbano di San Pietro Capofiume.

Per il PM_{10}, in termini di media sull'intera campagna e di numero di superamenti del limite giornaliero, il sito di Via Gramsci risulta simile a quello della stazione urbana da traffico di Bologna Porta San Felice. Quasi tutti gli anni a Porta San Felice viene oltrepassato il numero massimo di superamenti del limite giornaliero, fissato a 35 dalla normativa.

Le concentrazioni medie del $PM_{2.5}$, sebbene vicine a quelle di entrambe le stazioni della RRQA, sono lievemente superiori ad esse. Dal 2009 il valore limite annuale viene nettamente rispettato anche presso la stazione da traffico di Porta San Felice, nonostante tra le due postazioni della RRQA sia quella caratterizzata dalla media annua più elevata.

- **IPA**

I valori degli IPA di rilevanza sanitaria ai sensi del D.Lgs. 155/2010, riscontrati sui filtri di particolato, risultano lievemente superiori a quelli registrati presso la stazione di San Pietro Capofiume (a loro volta superiori di quelli di Porta San Felice). Il valore medio misurato sul periodo per il Benzo(a)Pirene è comunque inferiore al limite normativo fissato per la media annuale. Quindi si può ipotizzare che tale limite sia rispettato, visto che il corrispondente valore non è stato raggiunto nemmeno durante il periodo più critico.