

Piano Strutturale del Comune di Livorno
Valutazione Ambientale Strategica

Rapporto Ambientale

Redatto ai sensi dell'art. 24 della LRT 10/2010 e ss.mm.ii.

ALLEGATO 10

**Campagna indicativa di rilevamento della qualità
dell'aria con mezzo mobile presso Stagno- Collesalveti**



Predisposto da: ARPAT
Settembre 2017/febbraio 2018

CRTQA

CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DI QUALITÀ DELL'ARIA CON MEZZO MOBILE

presso

Stagno – via Costituzione 1
(Comune di Collesalvetti)

15 settembre 2017 – 07 febbraio 2018

**Area Vasta Toscana Costa – Settore “Centro
Regionale per la Tutela della Qualità dell’Aria”**



CRTQA

RELAZIONE CAMPAGNA DI RILEVAMENTO CON MEZZI MOBILI

COLLESALVETTI – Via Costituzione 1

15 settembre 2017 - 23 ottobre e 28 ottobre – 07 febbraio 2018

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

Settore “*Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell’Aria*” (CRTQA)

ARPAT – Area Vasta “Toscana Costa”

Autori:

Fortunato Stefano – Elisa Bini

ARPAT – Settore “*Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell’Aria*” - Livorno

Le attività di prova per il monitoraggio del PM10 sono effettuate presso il laboratorio del Centro regionale di riferimento per la qualità dell’aria (CRRQA)

Area Vasta ARPAT Toscana Costa

via Marradi, 114 - 57126 Livorno

tel. 055.32061, fax 055.5305615 - p.iva 04686190481

www.arpat.toscana.it - urp@arpat.toscana.it - PEC: arpat.protocollo@postacert.toscana.it

La campagna di misurazione straordinaria presso Stagno via Costituzione 1 (Collesalveti- LI), nelle adiacenze del plesso scolastico "G.Rodari" è stata attivata a seguito di criticità emerse dopo l'evento alluvionale del 10 settembre 2017 in particolare per episodi di maleodoranze diffuse di idrocarburi a Stagno. Tale monitoraggio avveniva in parallelo alle attività di ripristino delle normali condizioni dello stabilimento ENI.

A titolo emergenziale, in prima istanza è stata condotta con due diversi tipi di laboratorio mobile in funzione della disponibilità, il primo dal 15 settembre al 23 ottobre, il secondo dal 28 ottobre al 07 febbraio.

L'indagine complessiva ha restituito indicatori a breve termine che, per quanto attiene a CO, NO₂, SO₂, e BTX rispettano i limiti previsti dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria (D.Lgs. 155/2010) per la protezione della salute umana.

Anche per quanto riguarda il PM10, misurato con metodo gravimetrico, il valore limite giornaliero di 50 µg/m³ è risultato sempre rispettato.

A livello indicativo sono state acquisite anche informazioni su idrocarburi non metanici (NMHC) e su alcuni parametri anemometrici.

In Allegato sono state riportati alcuni approfondimenti su alcuni parametri gassosi (SO₂, NO, NMHC e Benzene) rispetto ai dati anemometrici

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	5
2. DESCRIZIONE DEL SITO DI MISURA.....	6
3. I LABORATORI MOBILI.....	8
4. LIMITI NORMATIVI.....	10
5. RISULTATI.....	12
5.1 STANDARDIZZAZIONE.....	12
5.2 VALORI DEGLI INDICATORI.....	12
5.2.1 <i>Monossido di Carbonio (CO)</i>	13
5.2.2 <i>Biossido di Azoto (NO₂)</i>	13
5.2.3 <i>Biossido di Zolfo (SO₂)</i>	14
5.2.4 <i>Polveri PM10</i>	16
5.2.5 <i>NMHC</i>	17
5.2.5 <i>Benzene</i>	19
I RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO: SINTESI.....	19
 ALLEGATO 1 - I DATI METEOROLOGICI E LE ROSE DI CONCENTRAZIONE.....	 20

1. INTRODUZIONE

La campagna di misura condotta con i mezzi mobili è stata utilizzata, in questo caso, a definire situazioni emergenziali dovute all' evento alluvionale che ha coinvolto la raffineria ENI adiacente alla frazione di Stagno del comune di Collesalveti. Al momento dell'evento questa realtà territoriale non disponeva di centraline utili a monitorare situazioni del genere che anche su tempi brevi potrebbero determinare un superamento degli standard di qualità dell'aria a causa di fattori locali e determinare eventuali problematiche sanitarie connesse.

La presente indagine non può costituire una “misurazione indicativa” di qualità dell'aria, come previsto dalla Tabella 1 dell'allegato I del D. Lgs 155/2010 e s.m.i., visto che il periodo indagato non rientra nei criteri di stagionalità prescritti dal decreto ma può fornire una fotografia precisa dello stato di qualità dell'aria nella zona per i parametri monitorati nel periodo oggetto di studio.

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT mediante il documento di processo DP SGQ.099.016 “Monitoraggio della qualità dell'aria mediante reti di rilevamento” . Tale sistema di gestione di ARPAT è certificato dal RINA con registrazione n° 32671/15/S secondo le UNI EN ISO 9001:2015. Pertanto, tutti i dati misurati dal laboratorio mobile sono stati acquisiti, elaborati e validati secondo le procedure disciplinate dal suddetto documento, a tal proposito si indica che i dati sono stati statisticamente esaminati con un applicativo dedicato Shiny R.

2. DESCRIZIONE DEL SITO DI MISURA

Il sito in cui sono state condotte le misure con l'utilizzo dei mezzi mobili si trova nel territorio comunale di Collesalveti nell'area immediatamente adiacente al plesso scolastico "G.Rodari" di via Costituzione 1 a Stagno.

Il punto di misura può essere classificato alla stregua di una postazione di monitoraggio "urbana – fondo/industriale".

Le coordinate geografiche Gauss-Boaga del punto di monitoraggio sono: EGB 1609341 ; NGB 4827341.

Figura 2.1 Mappa di Stagno – via Costituzione con indicazione del sito di misura



Figura 2.2 Immagine espansa dall'alto del sito di misura.



Figura 2.3 Vista del mezzo mobile presso il sito di Via Costituzione- Stagno.



3. I LABORATORI MOBILI

Per le misure di Qualità dell'Aria realizzate in questa campagna il Settore CRTQA ha utilizzato la stazione mobile SI408060 e successivamente la stazione mobile DB329YN.

Nella tabella 3.1 è fornito l'elenco totale degli inquinanti monitorati dai laboratori mobili :

Tabella 3.1 – Inquinanti monitorati

CO	NO _x	PM ₁₀	SO ₂	BTX*	NMHC°
x	x	x	x	x	x

CO = monossido di carbonio

NO_x = ossidi di azoto totali, ovvero monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂)

SO₂ = biossido di zolfo

°PM10 = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 10 micrometri (lab DB329YN)

*BTX = Benzene, etilbenzene e xileni (lab SI408060)

°NMHC = Idrocarburi non metanici (lab DB329YN)

Di seguito in tabella sono elencati gli strumenti presenti all'interno dei mezzi mobili e le relative caratteristiche tecniche:

Tabella 3.2 – Caratteristiche tecniche degli strumenti installati sul mezzo mobile SI408060 attivo dal 15 settembre al 23 ottobre 2017

Inquinante	Marca Modello	N. serie	Metodo	Limite Rilevabilità	Precisione
CO	API 300 E	758	UNI EN 14626:2012	<0,04ppm	0,2 ppm
NO _x	API 200 A	1048	UNI EN 14211:2012	0,40 ppb per misure mediate su 60 secondi	0,5 % del valore letto
SO ₂	API 100 E	740	UNI EN 14212:2012	0,4 ppb	0,5% del valore letto sopra i 50 ppb
C ₆ H ₆ (BTX)	Chromatec Air Toxic GC866	26881211	UNI EN 14662:2005	≤ 0,01 ppb (0,0325 µg/m ³ per il benzene)	< 2% su 48 ore a 1 ppb

Tabella 3.3 – Caratteristiche tecniche degli strumenti installati sul mezzo mobile DB329YN attivo dal 28 ottobre 2017 al 07 febbraio 2018

Inquinante	Marca modello	Metodo	Limite Rilevabilità	Precisione
SO ₂	API 101A	UNI EN 14212:2012	2,6 µg/m ³ (come SO ₂)	Al 20% del campo di misura ≤ 1,6 µg/m ³ All'80% del campo di misura ≤ 6 µg/m ³
NO _x	API 200A	UNI EN 14211:2012	0,7 µg/m ³	0,5% della lettura
CO	API 300	UNI EN 14626:2012	0,06 mg/m ³	0,1 mg/m ³
PM10	TCR TECORA Sentinel	UNI EN 12341:2014	---	---

Sono presenti anche strumenti per la misura indicativa, non quantitativamente validata, di Direzione del vento, Velocità del Vento, Temperatura, Umidità relativa e NMHC.

4. LIMITI NORMATIVI

I valori limite che esprimono gli indicatori di qualità dell'aria sono stati definiti dalla Comunità Europea (Direttiva 2008/50/CE) e sono stati recepiti dallo Stato italiano con il D.Lgs. n° 155 del 13 agosto 2010 e s.m.i.

*Tabella 4.1 MONOSSIDO DI CARBONIO – normativa e limiti
(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 - punto B Allegato XI Direttiva 2008/50/CE)*

	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite per la protezione della salute umana.	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³

*Tabella 4.2 BIOSSIDO DI AZOTO – normativa e limiti
(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 e paragrafo 1 allegato XII D.Lgs. 155/2010 – punto B Allegato XI, punto A Allegato XII ed Allegato XIII Direttiva 2008/50/CE)*

	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	200 µg/m ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per l'anno civile.
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	400 µg/m ³ NO ₂

Tabella 4.3 BIOSSIDO DI ZOLFO – normativa e limiti

(paragrafi 1, 3 allegato XI D.Lgs. 155/2010 e paragrafo 1 allegato XII D.Lgs. 155/2010 - punto B Allegato XI, punto A Allegato XII ed Allegato XIII Direttiva 2008/50/CE)

	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per l'anno civile.
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile
Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	20 µg/m ³
Livello critico per la protezione della vegetazione	Livello critico invernale (1° ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	500 µg/m ³

Tabella 4.4 MATERIALE PARTICOLATO PM10 – normativa e limiti

(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 - punto B Allegato XI Direttiva 2008/50/CE)

	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ PM10 da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ PM10

Tabella 4.5 Benzene C₆H₆ – normativa e limiti

(allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.)

	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite annuale	Anno civile	5 µg/m ³

5. RISULTATI

La presente indagine è stata svolta nel Comune di Collesalveti in un contesto urbano di vicinanza alle fonti potenzialmente emittenti quali la raffineria ENI che è a circa 500 metri di distanza verso ovest, in via Costituzione 1 a Stagno, per il seguente periodo di osservazione:

15 settembre – 23 ottobre 2017 e 28 ottobre 2017 – 07 febbraio 2018

Il contestuale campionamento delle polveri PM10 ha avuto una durata di 18 giorni utili non consecutivi (a causa di interruzione elettrica) dal 28 ottobre al 19 novembre .

5.1 Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (μg o mg per metro cubo d'aria (m^3)) sono riferiti ad una pressione di 101,3 kPa ed alla temperatura di 20° C (293 K), ad esclusione del materiale particolato PM10, il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

5.2 Valori degli indicatori

Di seguito sono presi in considerazione i singoli inquinanti per ognuno dei quali sono riportati gli indici sintetici relativi al periodo di monitoraggio, nonché i corrispondenti limiti di riferimento previsti dalla normativa vigente in materia di Qualità dell'Aria (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.). I livelli di concentrazione dei diversi inquinanti monitorati con autolaboratorio presso il sito di Stagno vengono confrontati con i livelli di concentrazione rilevati presso le centraline fisse della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria presenti nel territorio del Comune di Livorno, ove disponibili.

I relativi dati raccolti, sono pertanto rappresentativi delle variazioni temporali, legate alle condizioni meteorologiche responsabili dei fenomeni di dispersione e di diluizione degli inquinanti.

Il confronto con i limiti normativi è valido ai sensi del D.Lgs. 155/2010.

I dati sono utilizzabili per il confronto con i limiti di legge a breve termine, dato che soddisfano la raccolta minima dei dati sull'ora prevista dalla normativa (Tabella 1, Allegato VII, D.Lgs. 155/2010).

Il segno (-) presente in alcune tabelle riassuntive indica l'assenza di un limite di riferimento relativo alla normativa vigente.

5.2.1 Monossido di Carbonio (CO)

Tabella 5.2.1.1 – Dati di Monossido di Carbonio (CO) dei mezzi mobili che si sono alternati a Stagno e confronto con centralina di viale Carducci sullo stesso periodo di misura (15 settembre – 23 ottobre 2018, 28/10/2017 - 07/02/2018)

	Limiti di riferimento	Mezzi Mobili a Stagno	LI-Carducci (UT)
Dati validi (medie orarie); n°		3055 (90% sul periodo)	3403 (99 % del periodo)
Max. concentrazione oraria rilevata nel periodo (mg/m ³)	-	1,6	3,9
Media delle concentrazioni orarie (mg/m ³)	-	0,5	0,7
Max. media mobile di 8 h > 10 mg/m ³ N°/anno superamenti consentiti	0	0	0

Come risulta, i dati relativi alla campagna di misura in esame non aggiungono nuovi elementi di valutazione in merito a questo inquinante che da molto tempo è divenuto scarsamente caratterizzante anche per siti di misura ad alta incidenza di traffico veicolare (es. LI-Carducci).

Grafico 5.2.1.1 – Andamento delle medie orarie mobili su 8 ore di CO dell'autolaboratorio a Stagno (15 settembre – 23 ottobre 2017, 28 ottobre 2017 - 07 febbraio 2018)

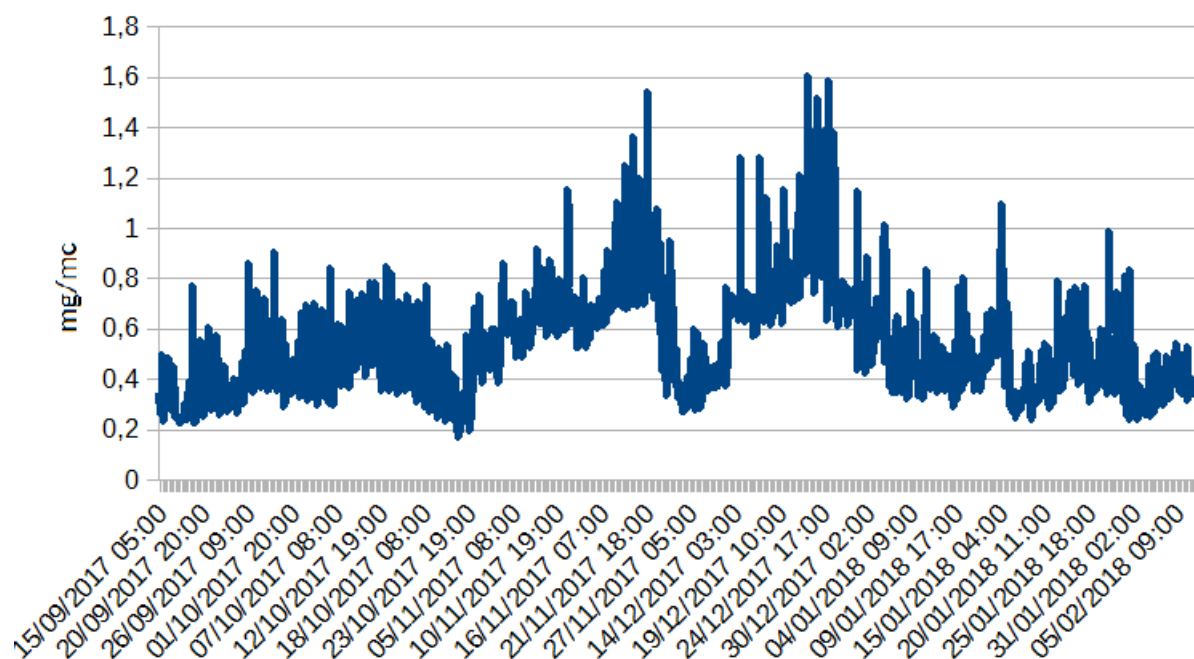


Grafico 5.2.1.2 – Andamento grafico delle concentrazione medie orarie di CO rilevate presso l'autolaboratorio a Stagno e la centralina di LI-Carducci (15 settembre – 23 ottobre 2017, 28 ottobre 2017 – 07 febbraio 2018)

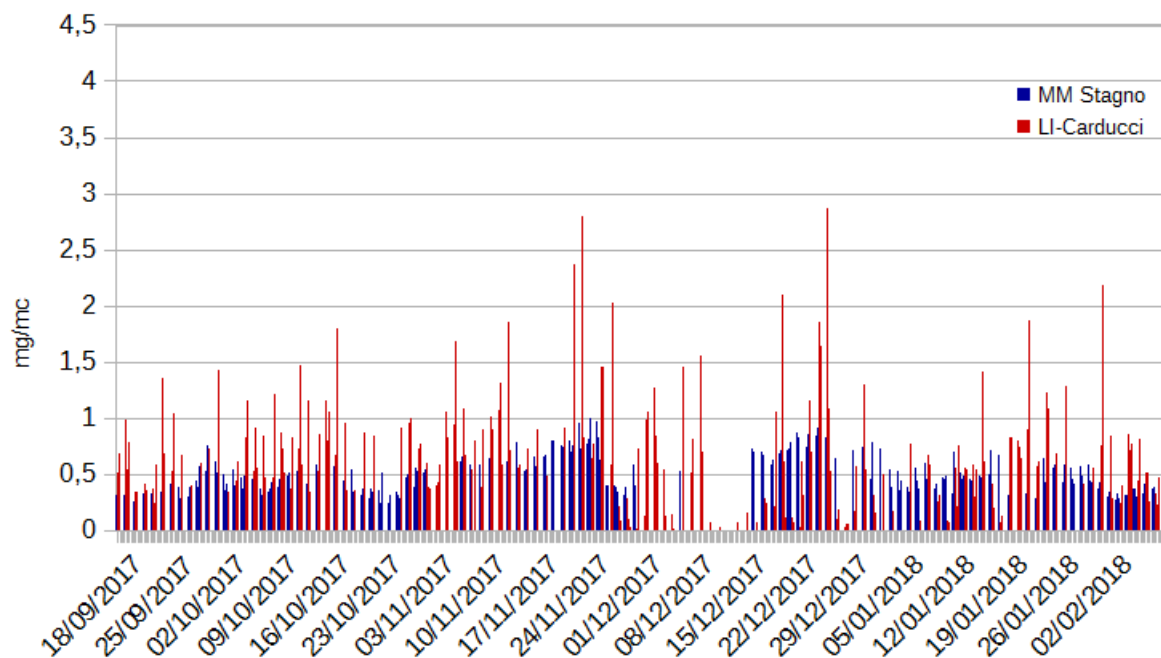
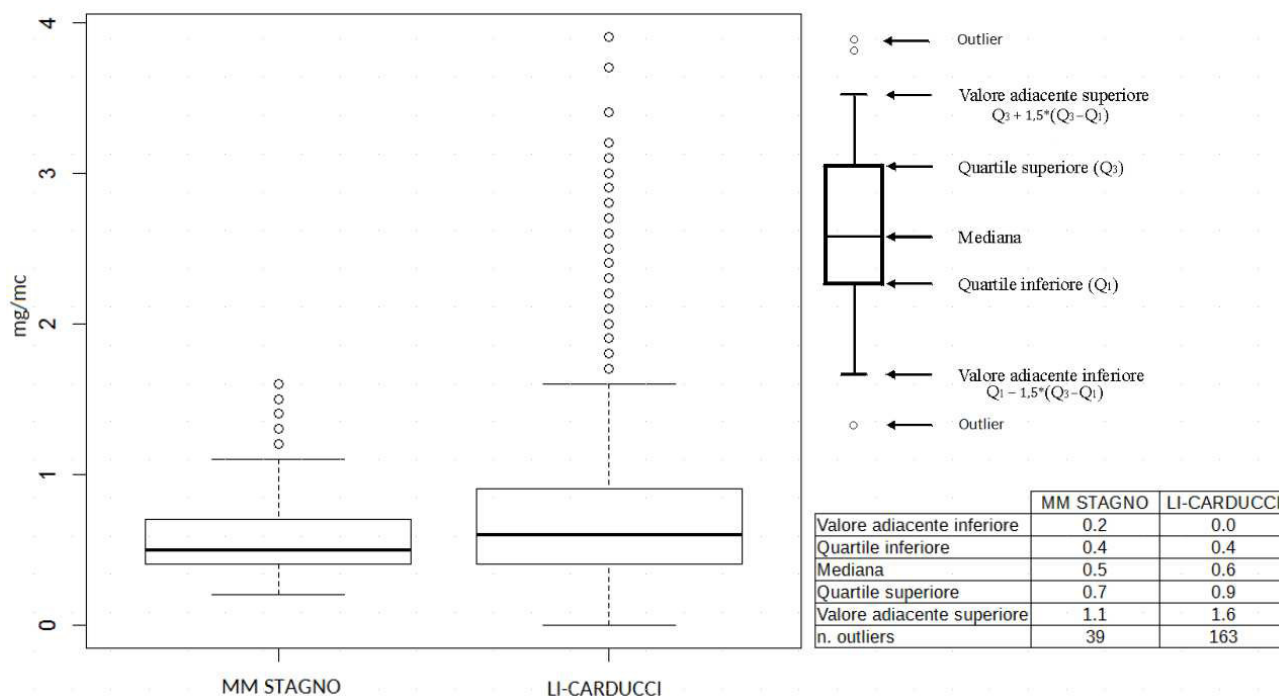


Grafico 5.2.1.3 – Confronto grafico tra la distribuzione dei dati orari di monossido di carbonio (CO) dei mezzi mobili a Stagno e della centralina fissa di LI-Carducci (15 settembre – 23 ottobre 2018, 28/10/2017 - 07/02/2018)¹



Dai grafici 5.2.1.2 e 5.2.1.3 si possono osservare valori medi di concentrazione molto simili tra quelli rilevati a Stagno e quelli rilevati presso la stazione urbana traffico di Carducci; quest'ultima presenta, però, valori massimi maggiori rispetto a quelli rilevati presso il sito di Stagno.

Nota: Gli outliers sono un insieme di osservazioni che presentano un valore chiaramente distante dalle altre osservazioni disponibili. I valori lontani o molto lontani dalla "scatola" del box-plot vengono segnalati individualmente nel grafico per evidenziarne la presenza e la posizione. Questi valori forniscono informazioni ulteriori sulla dispersione e sulla forma della distribuzione. Rappresentano, quindi, fenomeni particolari rispetto all'andamento medio del parametro oggetto di osservazione.

5.2.2 Biossido di Azoto (NO₂)

Tabella 5.2.2.1 – Dati di biossido di azoto (NO₂) dei mezzi mobili che si sono alternati a Stagno e confronto con centralina di via La Pira sullo stesso periodo di misura (15 settembre – 23 ottobre 2017, 28/10/2017 - 07/02/2018)

	Limiti di riferimento	MM Stagno	LI-La Pira (UF)	LI-Carducci (UT)	LI-Cappiello (UF)
Dati validi (medie orarie); n°		2960 (87% sul periodo)	3399 (99% sul periodo)	3388 (99% sul periodo)	3231 (95% sul periodo)
Valore orario > 200 µg/m ³ N°/anno superamenti consentiti	18	0	0	0	0
Media delle concentrazioni orarie (µg/m ³)	40 media annua	22	25	42	20
Max. valore orario rilevato nel periodo (µg/m ³)	-	88 (22/12/2017 ore 17)	98 (04/12/2017 ore 18)	156 (22/12/2017 ore 18)	91 (02/10/2017 ore 19)

Nessun elemento di criticità dei dati misurati è emerso rispetto ai limiti di riferimento. Si osserva, inoltre, una differenza non rilevante tra i dati dei siti di Stagno e LI-La Pira, più simili tra di loro per tipologia di localizzazione; come si può osservare dal grafico successivo, infatti, entrambi i siti presentano valori di mediana, valori minimi e valori massimi molto simili.

Grafico 5.2.2.1 – Andamento grafico delle concentrazioni medie orarie di NO₂ rilevate presso l'autolaboratorio a Stagno e le centraline della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria nel Comune di Livorno (15 settembre – 23 ottobre 2017, 28 ottobre 2017 – 07 febbraio 2018)

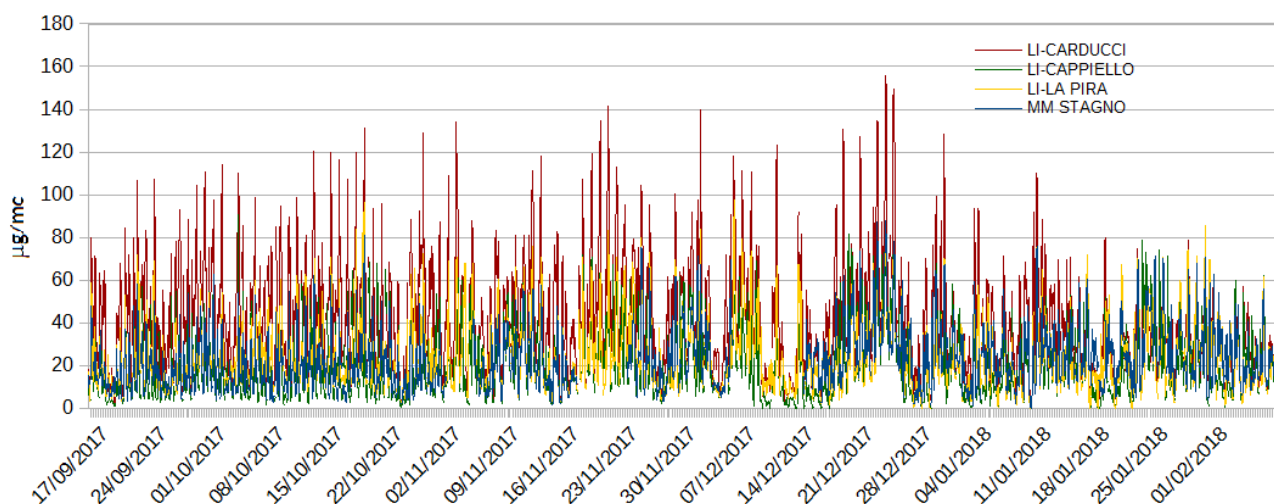
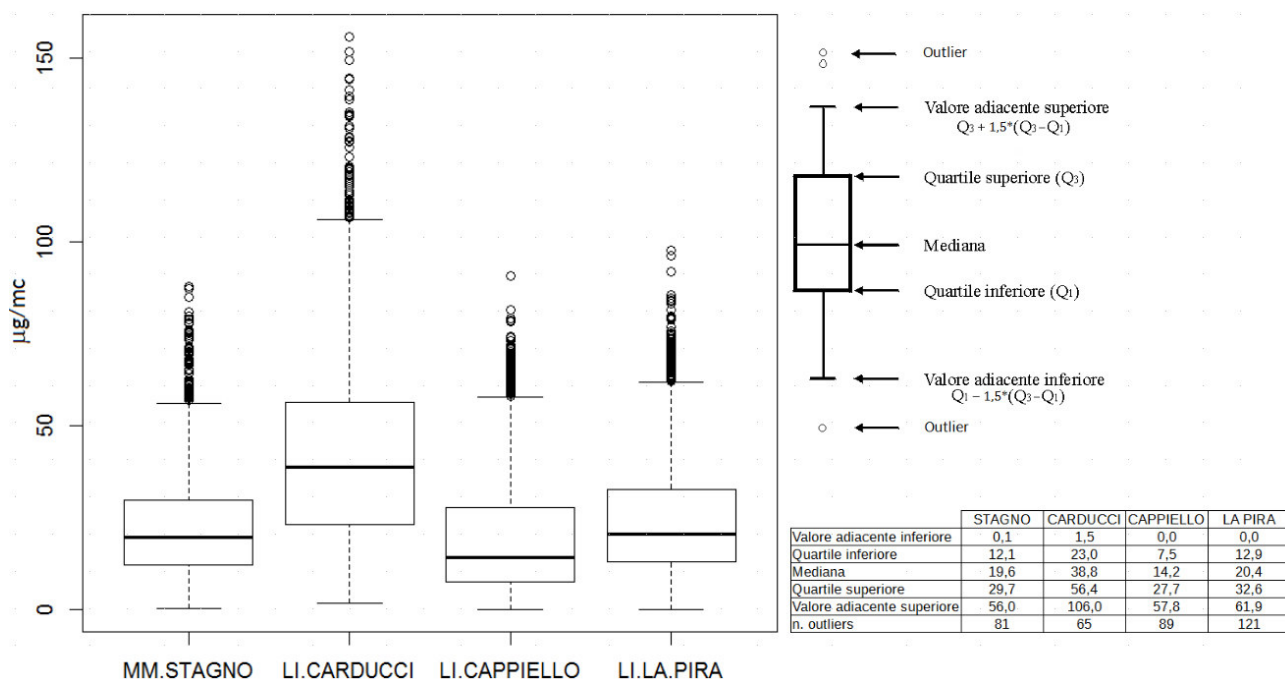


Grafico 5.2.2.2 – Confronto grafico tra la distribuzione dei dati orari di Biossido di Azoto (NO₂) rilevate presso l'autolaboratorio a Stagno e le centraline della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria nel Comune di Livorno (15 settembre – 23 ottobre 2017, 28 ottobre 2017 – 07 febbraio 2018)¹



Dai grafici 5.2.2.1 e 5.2.2.2 si possono osservare valori medi e massimi di concentrazione molto simili tra quelli rilevati a Stagno e quelli rilevati presso la stazione di La Pira; questi risultano essere, in generale, superiori ai livelli di concentrazione rilevati dalla centralina di Piazza Cappiello e inferiori a quelli rilevati presso la postazione di traffico di Viale Carducci.

In allegato I vengono riportati i risultati delle analisi delle variazioni dei livelli di concentrazione del monossido di azoto (NO) con la direzione oraria prevalente del vento. Tale analisi è stata effettuata su tale inquinante e non sul biossido di azoto (NO₂), parametri contemporaneamente monitorati dallo stesso analizzatore, in quanto il primo è un composto di origine prevalentemente primaria¹ mentre il secondo è prevalentemente di origine secondaria.

Lo scopo di tali elaborazioni è quello di potere individuare, in prima istanza, la localizzazione di fonti emissive che possano contribuire ai livelli di concentrazione rilevati; per tale motivo sono stati analizzati inquinanti di origine prevalentemente primaria.

L'analisi è stata effettuata in relazione al periodo 28.10.2017 – 07.02.2018 durante il quale sono stati monitorati presso l'autolaboratorio anche i parametri meteo.

¹ Gli inquinanti di origine primaria sono inquinanti immessi direttamente in atmosfera da attività antropiche; gli inquinanti di origine secondaria, invece, sono inquinanti che si formano in atmosfera a partire da altre sostanze inquinanti a seguito di complessi fenomeni fisico-chimici.

5.2.3 Biossido di Zolfo (SO₂)

Tabella 5.2.3.1 – Dati di biossido di zolfo (SO₂) dei mezzi mobili a Stagno e confronto con centralina di via La Pira nello stesso periodo di misura (15 settembre – 23 ottobre 2018, 28/10/2017 - 07/02/2018)

	Limiti di riferimento	MM Stagno	LI-La Pira (UF)
Dati validi (medie orarie); n°		3055 (90% sul periodo)	3408 (98% sul periodo)
Valore orario > 350 µg/m ³ N° anno superamenti consentiti	24	0	0
Media di periodo	-	1,7	2,7
Massimo valore orario rilevato nel periodo µg/m ³	-	73 (13/12 ore 23.00)	19 (26/10 ore 12 e 23/12 ore 13)
Valore giornaliero > 125 µg/m ³ N° anno superamenti consentiti	3	0	0
Massima media giornaliera rilevata nel periodo µg/m ³	-	28 (13/12/2017)	7 (07/12/2017)

I valori limite previsti dal D.Lgs. 155/10 per la protezione della salute umana, intesi come 350 µg/m³ con tempo di mediazione di 1 ora, da non superare più di 24 volte per anno civile, e 125 µg/m³, con tempo di mediazione di 24 ore, da non superare più di 3 volte per anno civile, risultano ampiamente rispettati.

Come si può osservare dai valori riportati in tabella e dai grafici 5.2.3.1 e 5.2.3.2 nel periodo di indagine per questo tipo di inquinante si registra una rilevante differenza tra le due centraline sia sui valori di picco orario che sulla massima media giornaliera registrata.

Grafico 5.2.3.1 – Andamento delle medie orarie di Biossido di Zolfo tra l'autolaboratorio e la centralina di via La Pira (15 settembre – 23 ottobre 2018, 28/10/2017 – 07/02/2018)

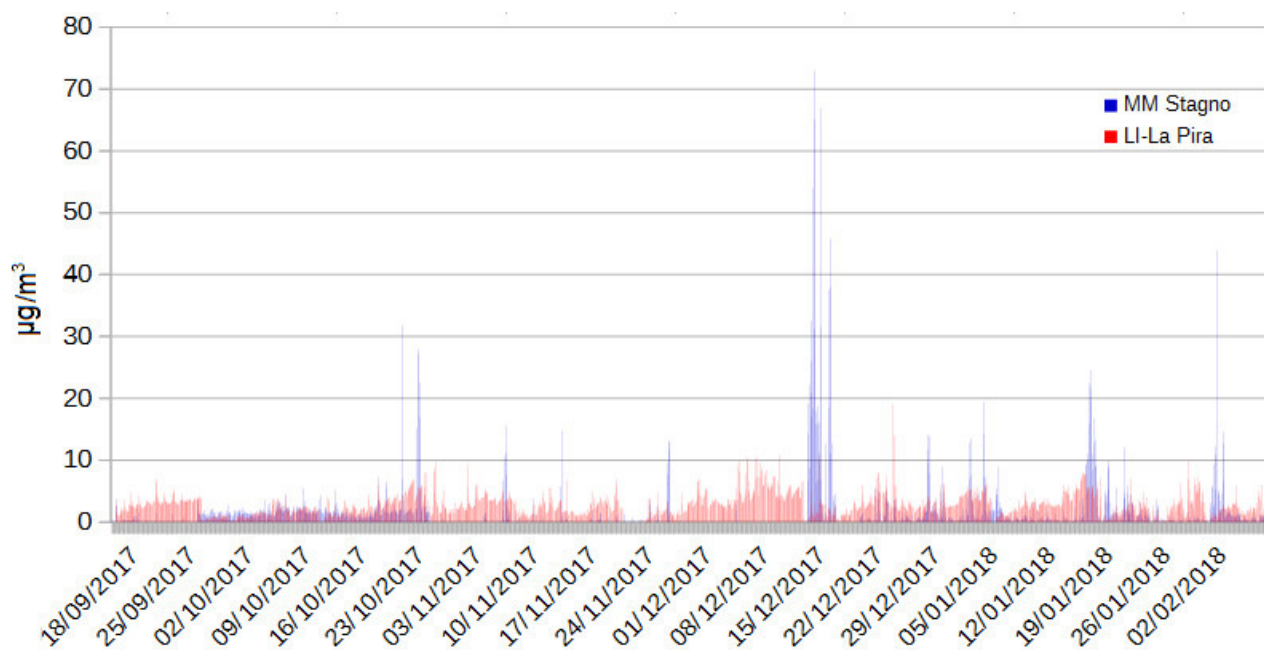
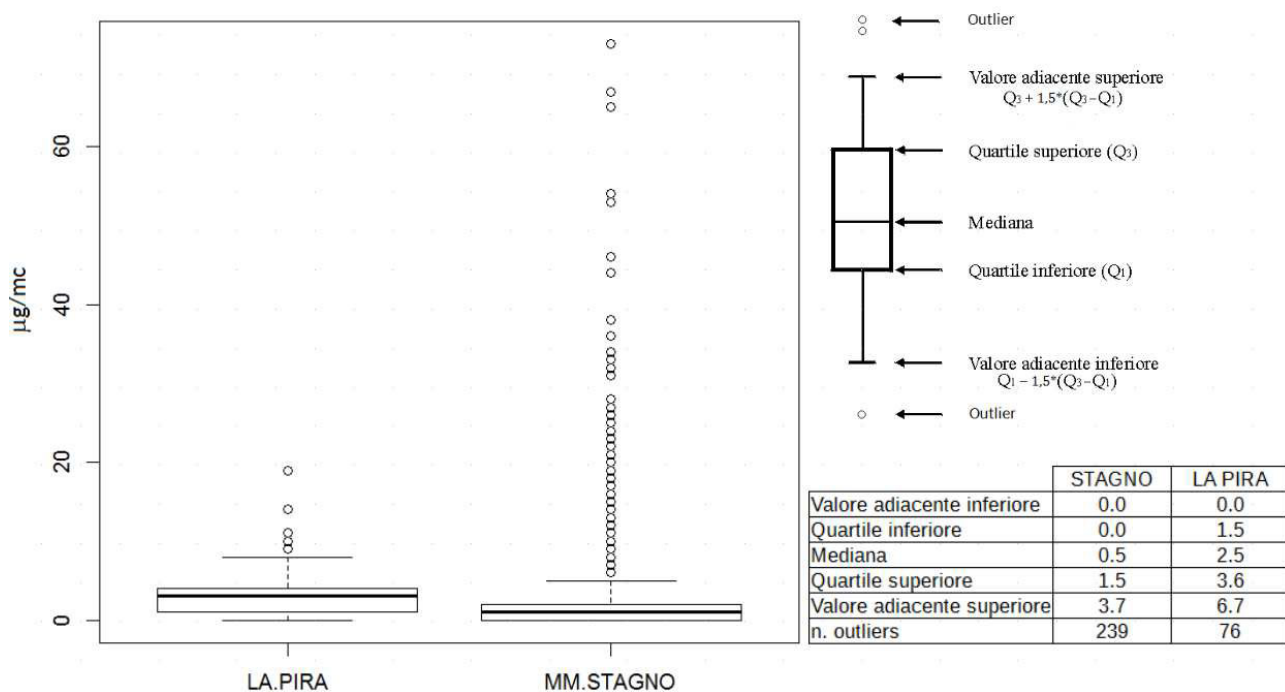


Grafico 5.2.3.1 – Confronto grafico tra la distribuzione dei dati orari di Biossido di Zolfo (SO₂) dei mezzi mobili a Stagno e della centralina fissa di LI-La Pira (15 settembre – 23 ottobre 2018, 28/10/2017 – 07/02/2018)¹



In allegato I vengono riportati i risultati delle analisi delle variazioni dei livelli di concentrazione del biossido di zolfo (SO₂) con la direzione oraria prevalente del vento. Come il monossido di azoto anche tale inquinante è un composto di origine prevalentemente primaria¹.

5.2.4 Polveri PM10

Le polveri PM10 sono state campionate secondo il metodo ufficiale gravimetrico (vedi norma tecnica UNI EN 12341:2014) in un intervallo di tempo compreso nel periodo totale della campagna di misure e sono di seguito illustrate. Il monitoraggio del PM10 è stato effettuato nel seguente periodo di misura: 28 ottobre - 19 novembre 2017

Tabella 5.2.4.1 – Dati di PM10 – indicatori di periodo; confronto dati giornalieri di PM10 tra il sito di Stagno e le centraline di LI-La Pira , LI-Cappiello e LI-Carducci (28 ottobre - 19 novembre 2017)

	Limiti di riferimento	Mezzo Mobile a Stagno	LI-La Pira (UF)	LI-Cappiello (UF)	LI-Carducci (UT)
Dati validi (medie giornaliere); n°		18 (78% sul periodo)	23 (100% sul periodo)	23 (100% sul periodo)	23 (100% sul periodo)
Media annua (media delle medie giornaliere del periodo di campionamento) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40	27	16	14	22
N. valore giornaliero > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	0	0	0	0
Massima media giornaliera rilevata nel periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	46	24	21	34

I valori degli indicatori di qualità dell'aria (vedi Tab. 5.2.4.1) a tutela della salute umana sono relativi ad una campagna effettuata nel solo periodo autunnale e non ad una campagna indicativa², pertanto il valore medio non è confrontabile con il valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In tabella 5.2.4.1 sono riportati per confronto i valori dell'indicatore elaborati nel medesimo periodo per le altre tre stazioni di Livorno.

L'assenza di dati tra il 31 ottobre e il 3 novembre è da imputare alla mancanza di fornitura elettrica al mezzo mobile.

Come si può osservare dalla tabella 5.2.4.1 e dal grafico 5.2.4.1 i livelli di concentrazione rilevati presentano una media e un massimo di periodo superiori, anche se in misura limitata, rispetto a quelli registrati presso la stazione di rete regionale urbana traffico di LI-Carducci.

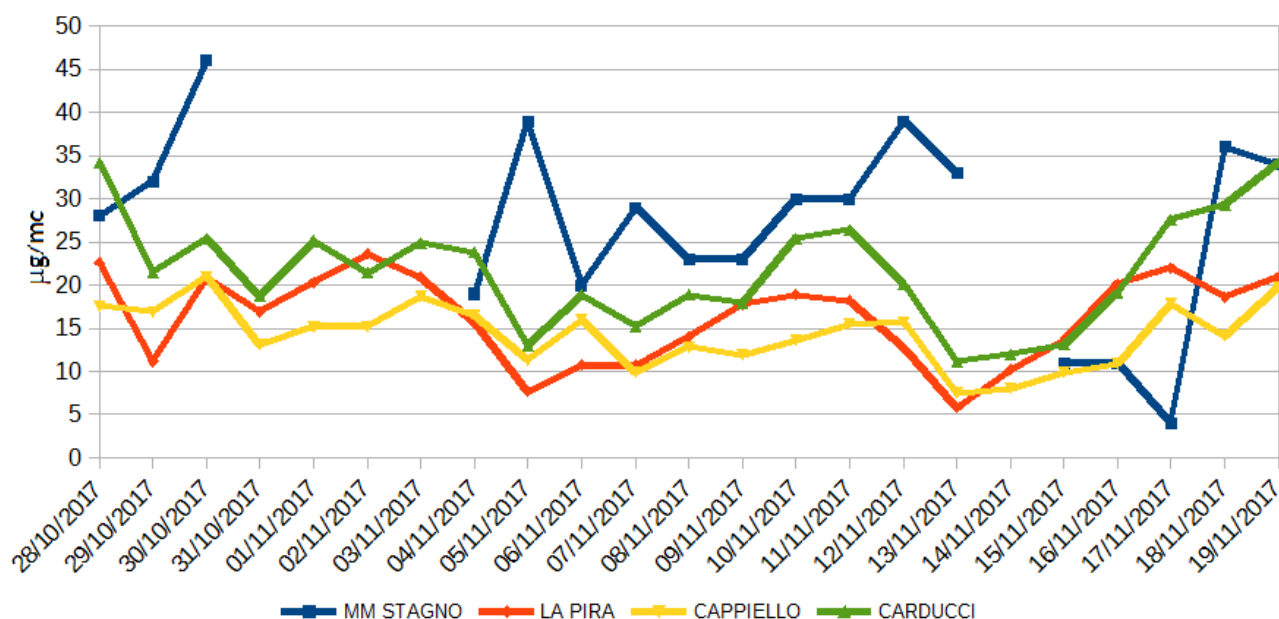
Sono, invece, risultati superiori a quelli delle stazioni di tipo urbana fondo presenti nel territorio del Comune di Livorno.

² Secondo quanto indicato all'allegato I, punto 1 del Dlgs 155/2010, per il particolato è possibile applicare misurazioni discontinue invece delle misurazioni in continuo. A tal fine, le misurazioni discontinue devono essere equamente distribuite nel corso dell'anno con un periodo di copertura superiore al periodo minimo di copertura previsto di 14%.

Tabella 5.2.4.2 Valori delle medie giornaliere di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) registrati tra il 28 ottobre ed il 19 novembre 2017 presso il sito di Stagno e presso le centraline di monitoraggio della qualità dell'aria della rete regionale nel territorio del Comune di Livorno

	MM STAGNO	LA PIRA	CAPPIELLO	CARDUCCI
28/10/2017	28	23	18	34
29/10/2017	32	11	17	22
30/10/2017	46	21	21	25
31/10/2017	-	17	13	19
01/11/2017	-	20	15	25
02/11/2017	-	24	15	21
03/11/2017	-	21	19	25
04/11/2017	19	16	17	24
05/11/2017	39	8	11	13
06/11/2017	20	11	16	19
07/11/2017	29	11	10	15
08/11/2017	23	14	13	19
09/11/2017	23	18	12	18
10/11/2017	30	19	14	25
11/11/2017	30	18	16	26
12/11/2017	39	13	16	20
13/11/2017	33	6	8	11
14/11/2017	-	10	8	12
15/11/2017	11	14	10	13
16/11/2017	11	20	11	19
17/11/2017	4	22	18	28
18/11/2017	36	19	14	29
19/11/2017	34	21	20	34

Grafico 5.2.4.1 – Andamento delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 tra il 28 ottobre ed il 19 novembre 2017 presso il sito di Stagno e presso le centraline di monitoraggio della qualità dell'aria della rete regionale nel territorio del Comune di Livorno



5.2.5 NMHC

Tabella 5.2.5.1 Dati Idrocarburi non metanici (NMHC), 28 ottobre 2017 – 07 febbraio 2018

	Limiti di riferimento	NMHC
Dati validi (medie orarie) n°	-	2174 (88% sul periodo)
Media delle concentrazioni orarie ($\mu\text{g-C}/\text{m}^3$)	-	114
Massimo valore orario rilevato nel periodo ($\mu\text{g-C}/\text{m}^3$)	-	3191
Massimo media giornaliera rilevata nel periodo ($\mu\text{g-C}/\text{m}^3$)	-	810
N. dati orari > 200 $\mu\text{g-C}/\text{m}^3$ (%)	-	439 (20% sul periodo)

Occorre precisare che i valori misurati sono puramente indicativi in quanto la misurazione è stata effettuata con strumentazione costruita antecedentemente all'entrata in vigore delle norme tecniche di riferimento e pertanto non completamente coerente con le specifiche previste.

Gli idrocarburi non metanici comprendono un'ampia classe di composti organici, quali idrocarburi alifatici, aromatici (benzene, toluene, xileni, ecc.), ossigenati (aldeidi, chetoni, ecc.)...

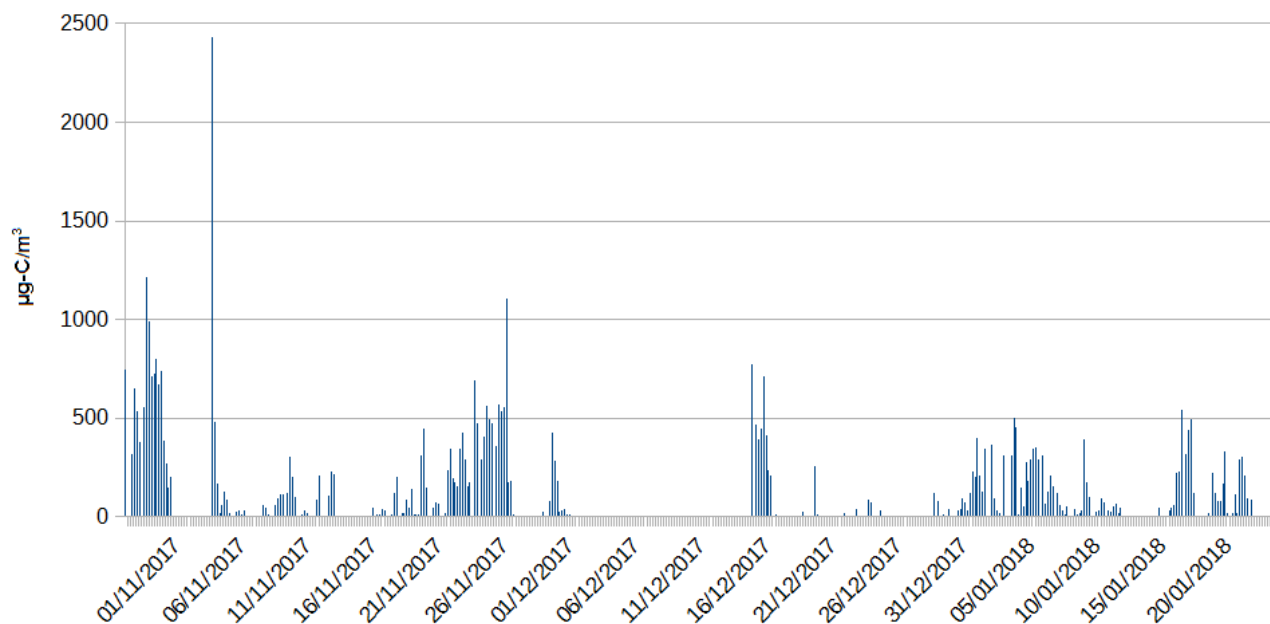
La normativa vigente, relativa alla qualità dell'aria, non prevede limiti per questo inquinante.

Nella trattazione dei dati è stato preso a riferimento il valore di 200 $\mu\text{gC}/\text{m}^3$ (come media su 3 ore) in relazione ad un valore limite presente nel passato (DPCM del 28/03/1983), che però risulta significativo dal punto di vista sanitario solo quando vi è un contemporaneo superamento del livello di ozono, come media oraria. Non è possibile effettuare questa valutazione nel periodo preso in esame in quanto si tratta del periodo autunno-inverno in cui i livelli di ozono sono molto bassi.

Per la postazione in esame vanno evidenziati frequenti valori di concentrazione media oraria che superano i 200 $\mu\text{gC}/\text{m}^3$ (circa 20%).

Anche per quanto riguarda i valori massimi si registrano 124 dati orari che hanno superato il valore di 500 $\mu\text{gC}/\text{m}^3$.

Grafico 5.2.5.1 – Andamento grafico delle concentrazione medie orarie di NMHC tra il 28 ottobre ed il 19 novembre 2017



In allegato I vengono riportati i risultati delle analisi delle variazioni dei livelli di concentrazione degli idrocarburi non metanici (NMHC) con la direzione oraria prevalente del vento. Come il monossido di azoto e il biossido di zolfo anche tale inquinante è di origine prevalentemente primaria¹.

5.2.6 Benzene

Tabella 5.2.6.1 Dati Benzene (C₆H₆), 20/09/2017 – 23/10/2017

	LI-La Pira	Autolaboratorio Stagno
Dati validi (medie orarie) n°	814 (100% sul periodo)	740 (91% sul periodo)
Media delle concentrazioni orarie nel periodo (microg/mc)	0,8	0,7
Massimo valore orario rilevato nel periodo (microg/mc)	4,5 (05/10 ore 11)	6,8 (5/10 ore 20)
Massima media giornaliera rilevata nel periodo (microg/mc)	1,2 (17/10)	1,6 (05/10)

Come si può osservare dalla tabella precedente e dal grafico i livelli medi di concentrazione rilevati nel corso del periodo di campionamento dall'autolaboratorio di Stagno sono molto simili a quelli della stazione di monitoraggio di LI-La Pira; si osservano, invece, differenze tra i livelli massimi di concentrazione, più alti presso il sito di Stagno.

Si osserva, inoltre, che la media di periodo è molto inferiore al limite normativo imposto sulla media annua di 5 µg/m³, seppur non direttamente confrontabile.

Grafico 5.2.6.1 – Andamento grafico delle concentrazioni medie giornaliere di benzene (15 settembre – 23 ottobre 2017)

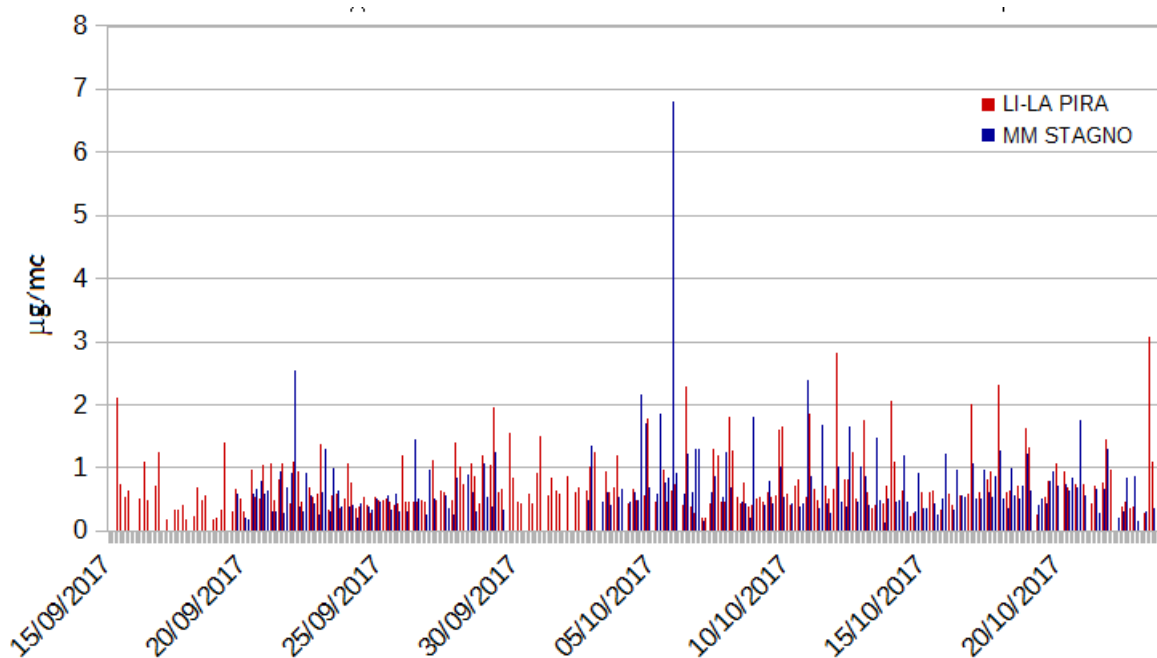
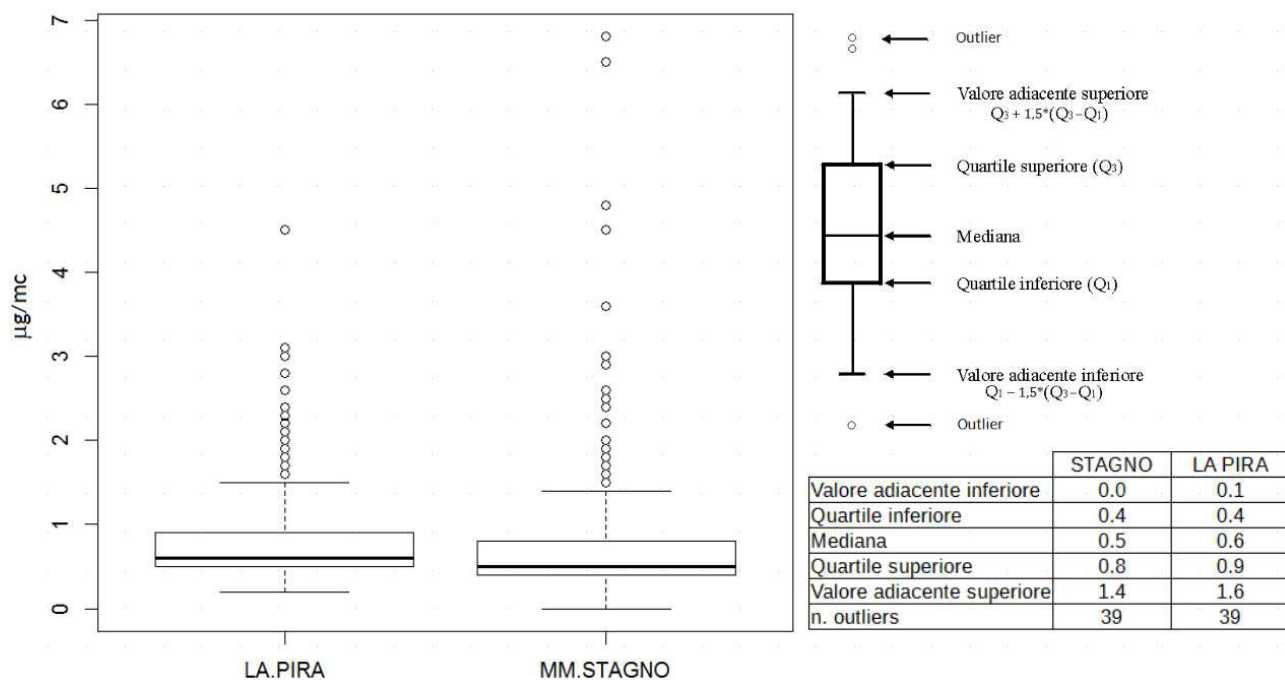


Grafico 5.2.6.2 Confronto grafico tra la distribuzione dei dati orari di Benzene (C_6H_6) dei mezzi mobili a Stagno e della centralina fissa di LI-La Pira (20 settembre – 23 ottobre 2018)¹



In allegato I vengono riportati i risultati delle analisi delle variazioni dei livelli di concentrazione di benzene (C_6H_6) con la direzione oraria prevalente del vento. Tale inquinante è anch'esso un composto di origine prevalentemente primaria¹.

I risultati della campagna di monitoraggio: sintesi

Il monitoraggio della qualità dell'aria realizzato con autolaboratori dal 15 settembre 2017 al 7 febbraio 2018 nell'ambito di una campagna non indicativa ai sensi del D.lgs.155/10 nel comune di Collesalveti, frazione di Stagno – via Costituzione, ha fornito un quadro ambientale che, per quanto attiene gli inquinanti monitorati, evidenzia indicatori a breve termine che rispettano ampiamente le soglie previste dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria (D.Lgs. 155/2010) per la protezione della salute umana.

Dal confronto con i livelli di concentrazione rilevati nel corso del periodo di svolgimento della campagna con autolaboratorio presso le centraline di rete regionale presenti nel territorio del Comune di Livorno si osservano differenze significative in relazione:

- ai livelli di concentrazione del *biossido di zolfo* (SO_2) per i quali i valori di picco orario e la massima giornaliera registrata presso il sito di Stagno sono sensibilmente superiori a quelli rilevati presso la centralina di LI-La Pira;
- ai livelli di concentrazione delle *polveri PM10* osservati nel corso di 18 giorni di campionamento i quali risultano essere in linea con la stazione di tipo urbana traffico di LI-Carducci mentre sono sempre superiori rispetto ai valori rilevati presso le stazioni di tipo urbana fondo di LI-La Pira e LI-Cappiello.

L'analisi delle variazioni dei livelli di concentrazione degli inquinanti monitorati di origine prevalentemente primaria con la direzione oraria prevalente del vento ha mostrato risultati molto diversi a secondo dell'inquinante, in particolare:

- nel caso del *biossido di zolfo*, la maggior parte degli eventi con livelli di concentrazione classificabili come "outliers", tranne poche eccezioni, si individuano in corrispondenza di venti con direzione oraria prevalente compresa tra i settori O – SO e, in pochi casi, SSO.

In corrispondenza dei picchi di concentrazione si osserva una velocità media del vento superiore alla velocità media del relativo periodo. Nei periodi in cui la velocità media è prossima e superiore ai 2 m/s, inoltre, la direzione prevalente del vento è costante e proveniente dai settori O-SO e i livelli di concentrazione rilevati sono mediamente più alti.

- quanto osservato per il biossido di zolfo si rileva anche per gli *idrocarburi non metanici*; anche in questo caso, infatti, in condizioni di velocità del vento superiori o uguali ai 2 m/s valori di concentrazione "anomali" si individuano in corrispondenza di venti con direzione oraria prevalente compresa tra i settori O – SO e, in pochi casi, SSO.

- per quanto riguarda, invece, il *monossido di azoto* si osservano livelli di concentrazione "anomali" prevalentemente in corrispondenza delle direzioni di vento ESE-SE, sebbene si osservano valori di picco anche in corrispondenza delle direzioni NE ed ENE; in corrispondenza delle direzioni di vento NE e ENE, però, si sono rilevati livelli di concentrazione di NO inferiori.

- per quanto riguarda, infine, il *benzene* la distribuzione dei livelli di concentrazione di picco rispetto alle direzioni prevalenti del vento corrispondenti non è ben definita; le velocità del vento nel periodo analizzato sono molto ridotte. Tuttavia, in condizioni di vento proveniente dalle direzioni O – SO, è presente un numero maggiore di eventi con livelli di concentrazione più elevati rispetto alla media di periodo.

ALLEGATO 1 - I dati meteorologici e le rose di concentrazione

E' importante conoscere la caratterizzazione anemologica relativa ai vari periodi di misura, dato che le condizioni meteorologiche influiscono sia sui fenomeni di dispersione che di accumulo degli inquinanti, sia sulla formazione di alcuni di essi.

Il laboratorio mobile è attrezzato con sensori per il rilevamento dei seguenti parametri meteorologici:

Direzione del vento (DV)

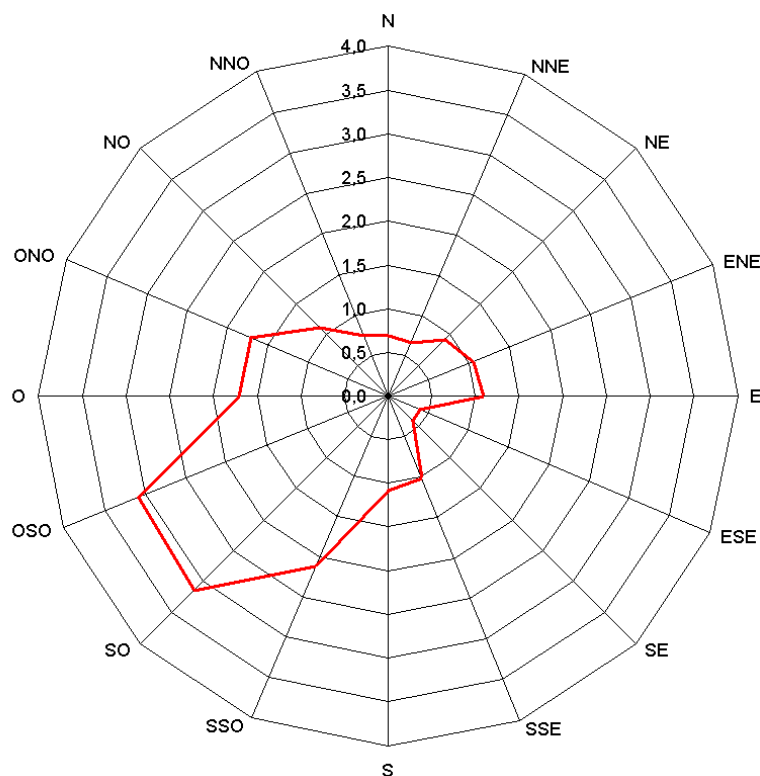
Velocità del vento (VV)

Occorre precisare che i valori misurati sono puramente indicativi in quanto la misurazione è stata effettuata con strumentazione il cui posizionamento non è rispondente alle norme tecniche internazionali WMO³ e EPA⁴.

Tabella A.1 Caratteristiche tecniche dei sensori

Parametro	Marca modello	Principio Metodo	Limite Rilevabilità	Precisione
DV	Gonioanemometro Lastem C 500 D	Potenziometria	0,4° (risoluzione in gradi sessagesimali)	2° (gradi sessagesimali)
VV	Tacoanemometro Lastem C 500 S	Disco rotante a lettura optoelettronica	0,25 m/s	1%

Grafico A.1 - Rosa dei venti – velocità media e direzione del vento prevalente



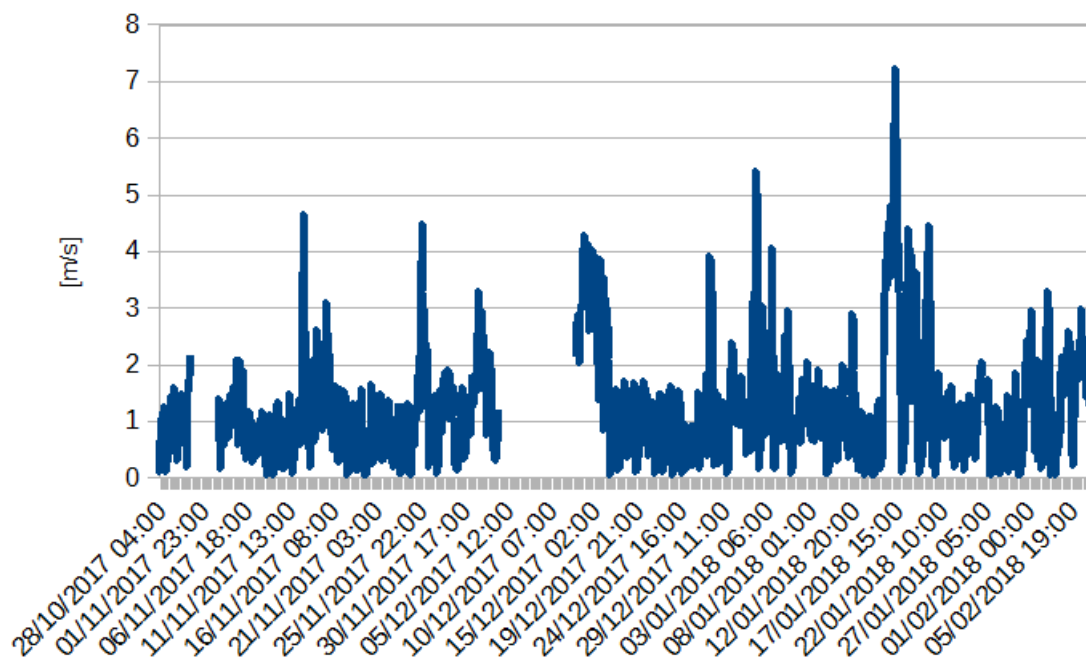
Per la caratterizzazione anemologica del sito, come evidenziato dal grafico sopra, si rilevano vento con intensità maggiore per le direzioni preferenziali di tre settori adiacenti compresi tra O e SSO, mentre le intensità medie di vento rilevate in corrispondenza degli altri quadranti risultano essere sempre inferiori o uguali a 1 m/s.

³ Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems - Volume IV: Meteorological Measurements (EPA-454/B-08-002), par. 0.2.2 (table 0.12), par. 2.4 (https://www3.epa.gov/ttn/amtic/files/ambient/met/Volume_IV_Meteorological_Measurements.pdf)

⁴ WMO GUIDE TO METEOROLOGICAL INSTRUMENTS AND METHODS OF OBSERVATION, par. 5.9 (https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3177)

Dal grafico successivo si osserva, inoltre, che le velocità del vento misurate durante il periodo di campionamento sono generalmente inferiori ai 2 m/s mentre solo in alcuni casi sono superiori ai 4 m/s con valori massimi di 7 m/s raggiunti in un unico episodio a gennaio 2018.

Grafico A.2 -Grafico dei valori medi orari di Velocità del Vento (VV)



LE ROSE DELLE CONCENTRAZIONI

Si riportano di seguito i risultati delle analisi delle variazioni dei livelli di concentrazione con la direzione oraria prevalente del vento registrati nel corso del periodo 28.10.2017 – 07.02.2018 durante il quale sono stati monitorati anche i parametri meteo. In particolare, tra tutti gli inquinanti monitorati, sono stati analizzati gli inquinanti di origine prevalentemente primaria quali NO, SO₂, benzene e composti organici non metanici al fine di potere individuare, in prima istanza, la localizzazione di fonti emissive che potessero contribuire ai livelli di concentrazione rilevati.

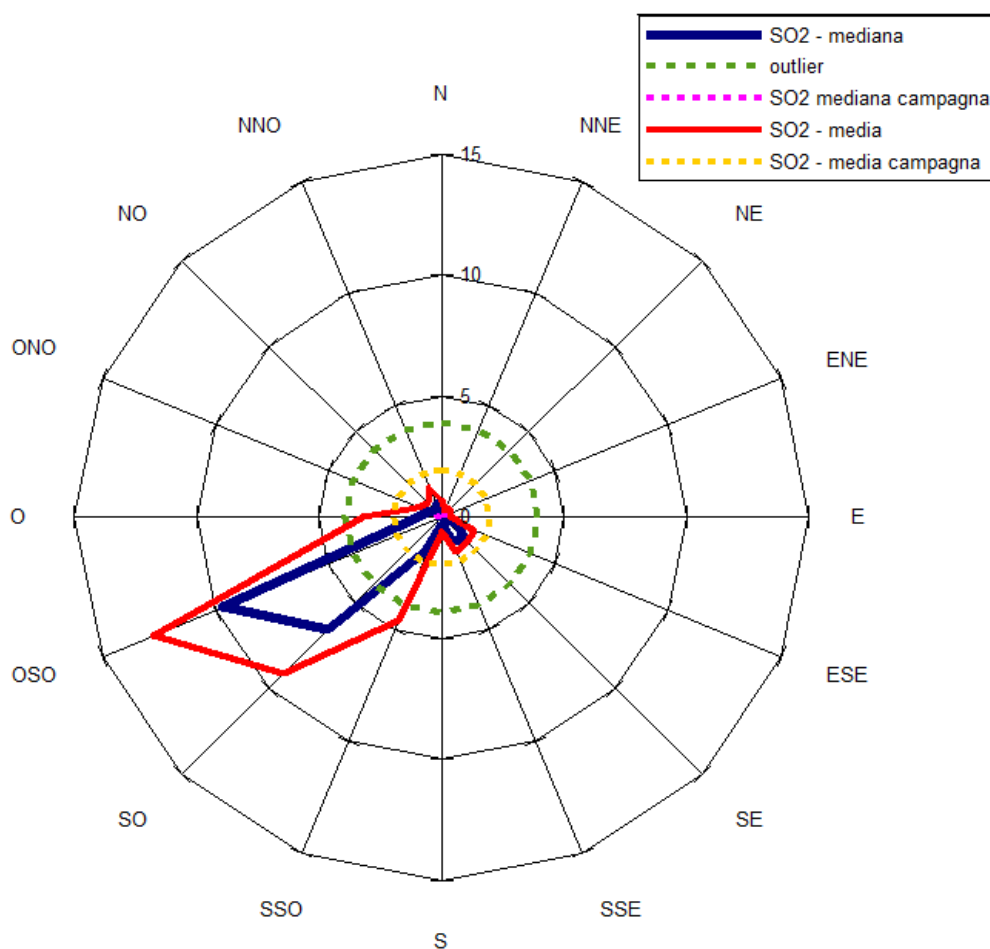
In particolare, vengono analizzati dapprima i dati medi (media e mediana) rilevati nel corso della campagna in corrispondenza alle diverse direzioni di vento.

Nel periodo si osserva una velocità media del vento molto ridotta pari a 1,3 m/s; pur essendo state rilevate medie orarie più elevate con punte massime di circa 7 m/s, in generale si sono rilevate velocità del vento ridotte, più del 70% dei dati sono, infatti, inferiori ai 2 m/s.

Biossido di zolfo

L'analisi della variazione dei livelli di concentrazione rilevati in funzione della direzione del vento prevalente è stata effettuata solo per il periodo 28.10.2017 – 07.02.2018, periodo in cui erano attivi i sensori meteo.

Come si può notare dal grafico successivo, mediamente i livelli di concentrazione “anomali” rispetto alla media e alla mediana della distribuzione dei valori registrati tra ottobre 2017 e gennaio 2018 si osservano in corrispondenza delle direzioni di vento OSO-SSO.



SO₂: Distribuzione dei livelli medi di concentrazione oraria (µg/m³) con la direzione oraria prevalente del vento

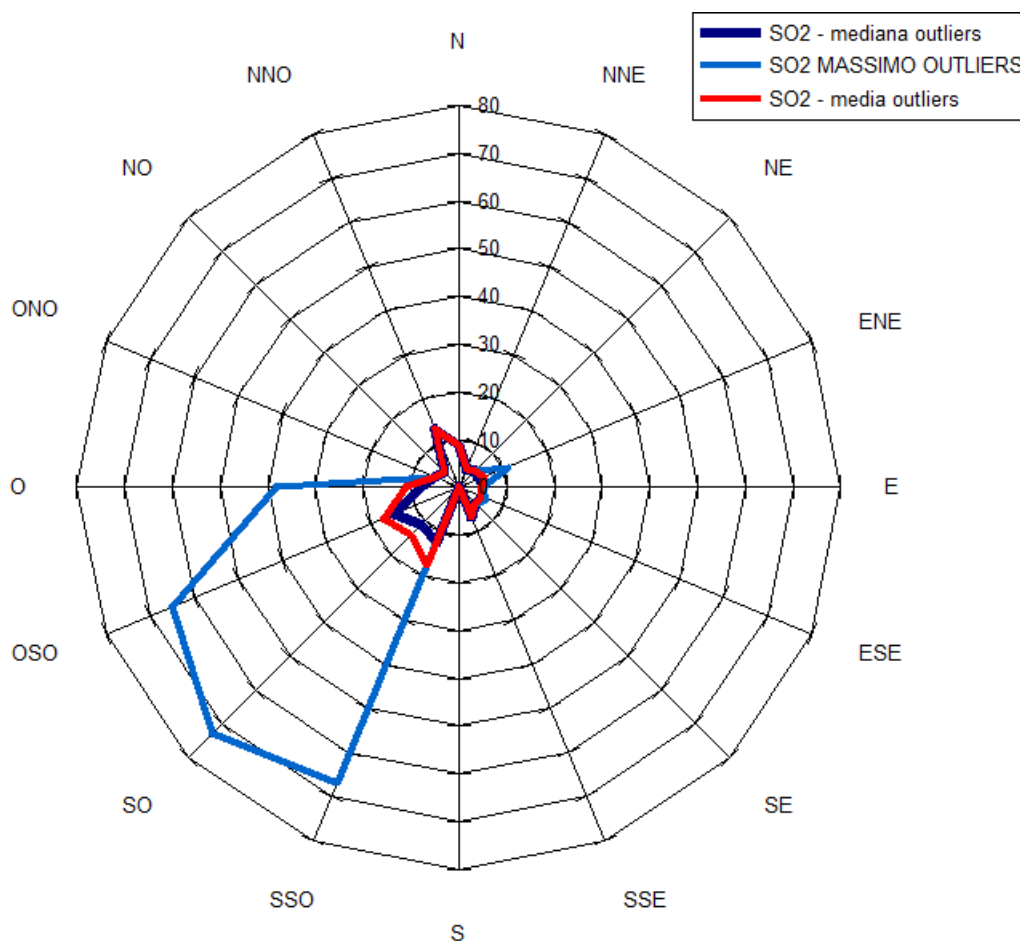
La linea tratteggiata verde individua il valore minimo degli outliers⁵ della serie di dati analizzata; tutti i dati ad essa esterni rappresentano eventi generalmente “anomali” rispetto ai livelli di concentrazione mediamente rilevati. Sono, quindi, valori il cui studio può permettere di valutare la presenza nel corso della campagna di eventi particolari e che, in generale, esulano da condizioni mediamente presenti nel sito di campionamento

⁵Gli outliers sono un insieme di osservazioni che presentano un valore anomalo, un valore, cioè, chiaramente distante dalle altre osservazioni disponibili. Rappresentano, quindi, fenomeni particolari, anomali rispetto all'andamento medio del parametro oggetto di osservazione.

Tale valore è stato ricavato calcolando il primo e il terzo quartile della serie di dati e applicando la seguente espressione: $Q_3 + 1,5 \cdot (Q_3 - Q_1)$ *outlier debole*

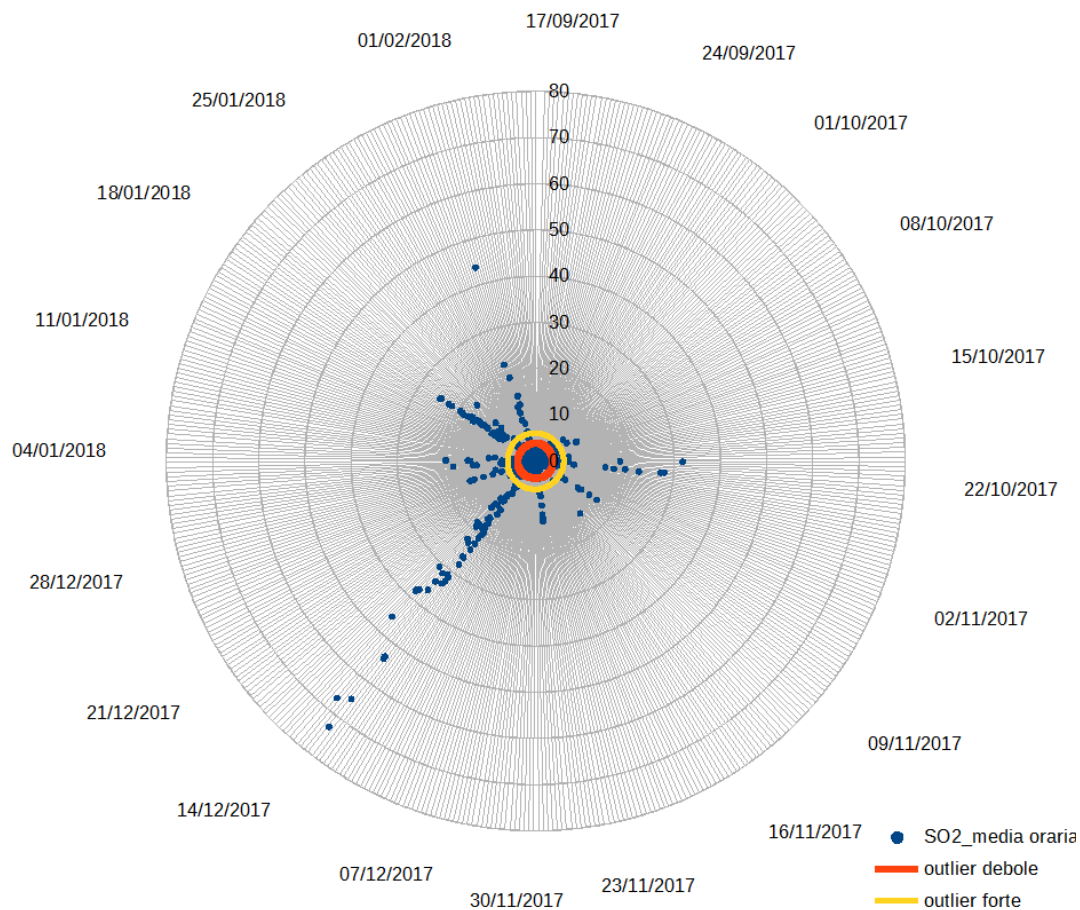
$$Q_3 + 3 \cdot (Q_3 - Q_1) \text{ outlier forte}$$

E' stata, quindi, analizzata la distribuzione dei parametri media, mediana e massimo degli outliers con la direzione oraria prevalente del vento nel corso del periodo ottobre 2017 – gennaio 2018. A conferma di quanto osservato nella figura precedente, i livelli di concentrazione definibili “outliers” per la serie di dati analizzata si distribuiscono per la maggior parte in corrispondenza delle direzioni di vento O – SSO.



SO₂: Distribuzione degli outliers (µg/m³) con la direzione oraria prevalente del vento

Al fine di individuare la distribuzione nel tempo di tali eventi “anomali” sono stati riassunti in un solo grafico (vedi immagine successiva) tutti i livelli di concentrazione rilevati nel corso dell'intero periodo di monitoraggio analizzato (15.09.2017 – 07.02.2018). In rosso è individuato il valore minimo degli outliers deboli e in giallo quello degli outliers forti.

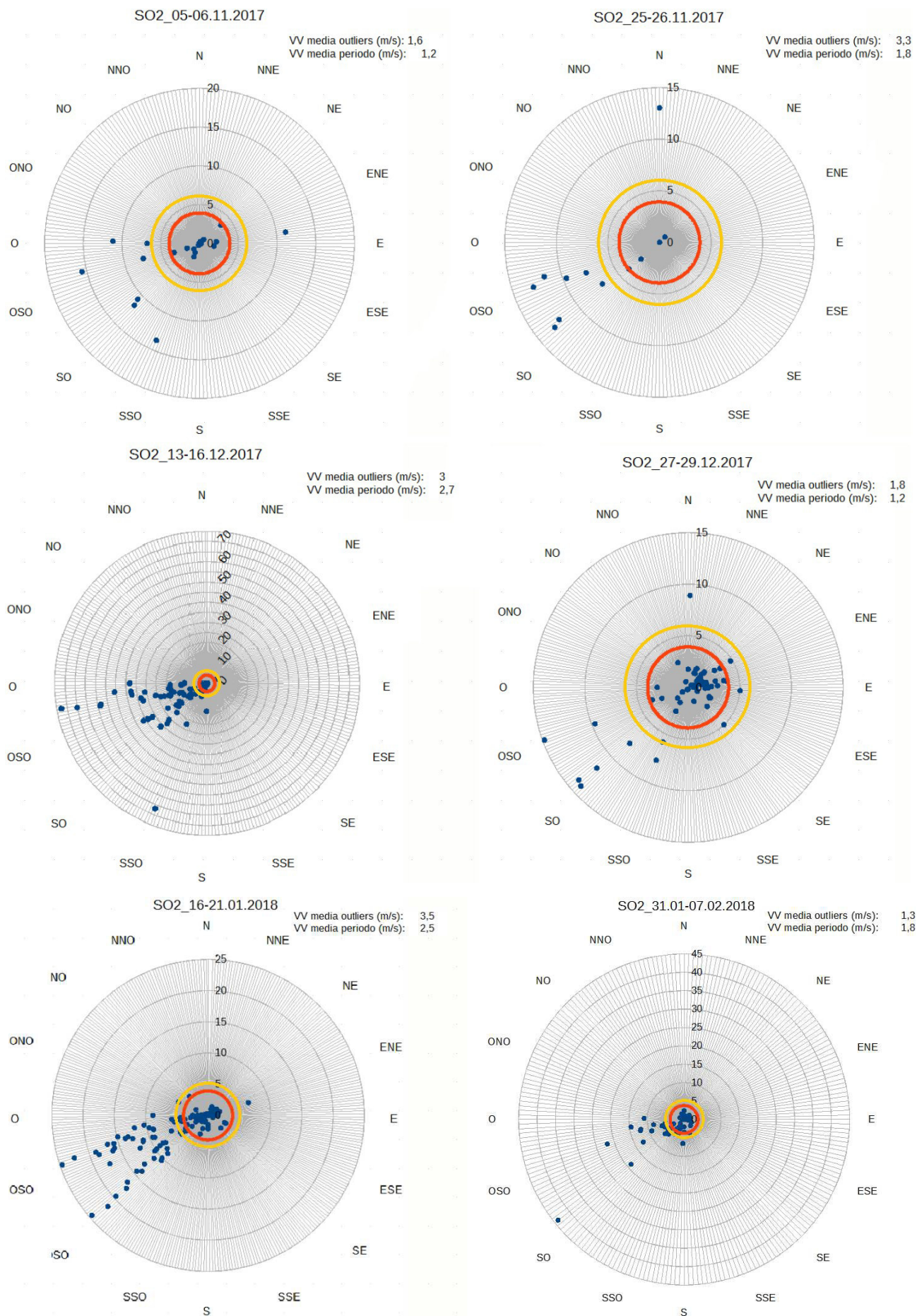


SO₂: Livelli di concentrazione (µg/m³) rilevati nel periodo 15.09.2017–07.02.2018

Sebbene si siano registrati livelli di concentrazione rilevanti anche in altre giornate, si può osservare una presenza di eventi con livelli di concentrazione “anomali” ben definiti individuabili, in particolare, nei periodi:

- 20-22 ottobre 2017
- 5-6 novembre 2017
- 25-26 novembre 2017
- 13-16 dicembre 2017
- 27-29 dicembre 2017
- 16-21 gennaio 2018
- 24 gennaio 2018
- 31 gennaio – 02 febbraio 2018

Per tali periodi, fatta eccezione per il primo periodo in cui non sono stati monitorati parametri meteo, è stata analizzata la distribuzione dei livelli medi orari di concentrazione rilevati in funzione della direzione di vento prevalente in ciascuna ora.



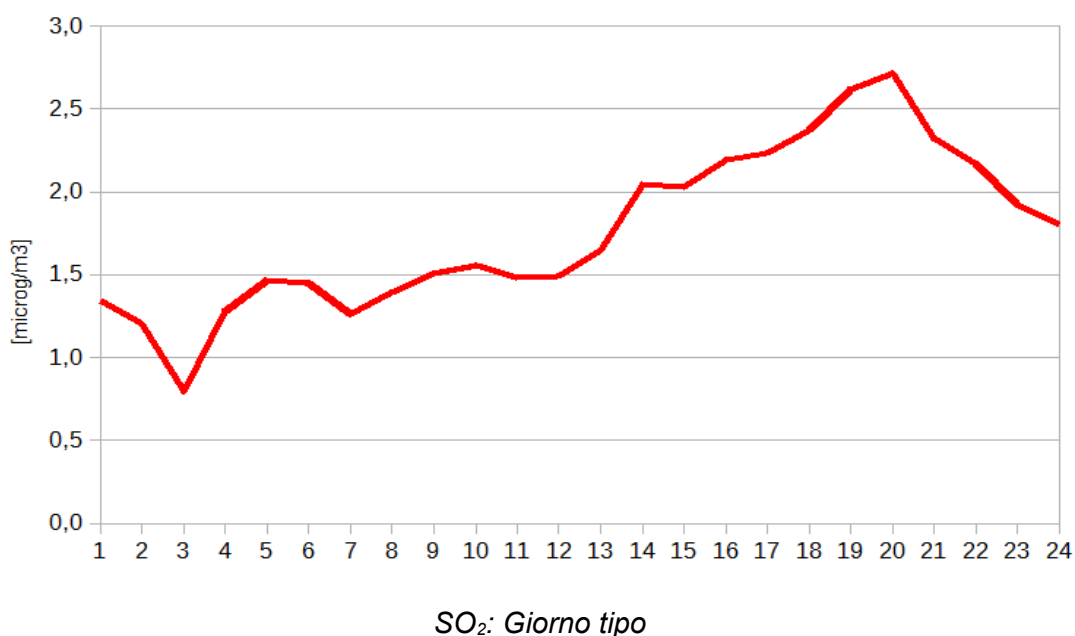
SO₂: Rose di concentrazione nei giorni di registrazione di picchi di concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Per tutti i giorni analizzati la maggior parte degli eventi con livelli di concentrazione classificabili come "outliers", tranne poche eccezioni, si individuano in corrispondenza di venti con direzione oraria prevalente compresa tra i settori O – SO e, in pochi casi, SSO.

Per ciascun periodo analizzato si osserva una velocità media del vento rilevata in corrispondenza dei picchi di concentrazione mediamente superiore alla velocità media del relativo periodo; si osserva, inoltre, che nei periodi in cui la velocità media è prossima e superiore ai 2 m/s la direzione prevalente del vento è costante e proveniente dai settori O-SO e i livelli di concentrazione rilevati sono mediamente più alti.

In relazione ai valori di picco registrati nel periodo 20-22 ottobre sono stati verificati i dati relativi alla direzione e intensità del vento della centralina meteo posta sul tetto della sede ARPAT di Livorno, in via Marradi 114. In tale periodo il vento ha presentato un'intensità media di 1,5 m/s con punte di 5 m/s rilevate nel corso di alcuni eventi di picco dei livelli di concentrazione; la direzione del vento è stata molto variabile (NNE – SO) ma nel corso di tutti gli eventi di picco registrati i settori di provenienza sono stati stabilmente O – SSO, per diverse ore consecutive.

Si è, infine, analizzato l'andamento medio giornaliero dei livelli medi orari di concentrazione del biossido di zolfo al fine di verificare la presenza o meno di orari specifici in cui fossero rilevati valori più alti rispetto ad altri. Dal grafico riportato di seguito si può osservare un incremento continuo dei livelli di concentrazione rilevati nel corso della giornata; tale valore decresce a partire dalla seconda metà del pomeriggio fino ad arrivare a valori minimi nella nottata e nelle prime ore della mattina.



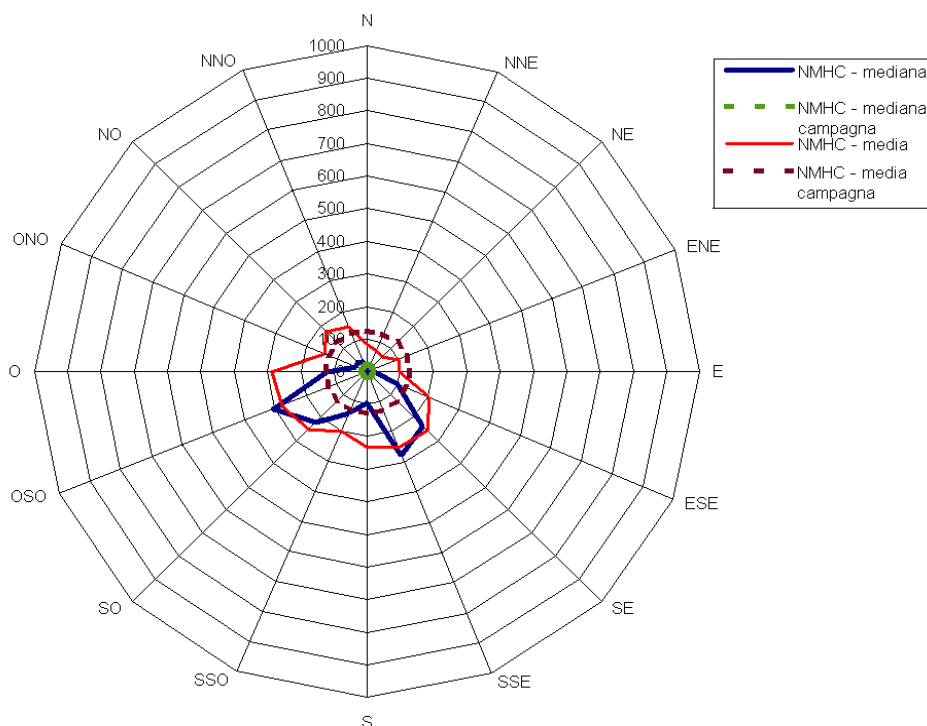
Composti organici non metanici (NMHC)

Occorre precisare che i valori misurati sono puramente indicativi in quanto la misurazione è stata effettuata con strumentazione costruita antecedentemente all'entrata in vigore delle norme tecniche di riferimento e pertanto non completamente coerente con le specifiche previste.

Gli idrocarburi non metanici comprendono un'ampia classe di composti organici, quali idrocarburi alifatici, aromatici (benzene, toluene, xileni, ecc.), ossigenati (aldeidi, chetoni, ecc.), e altri.

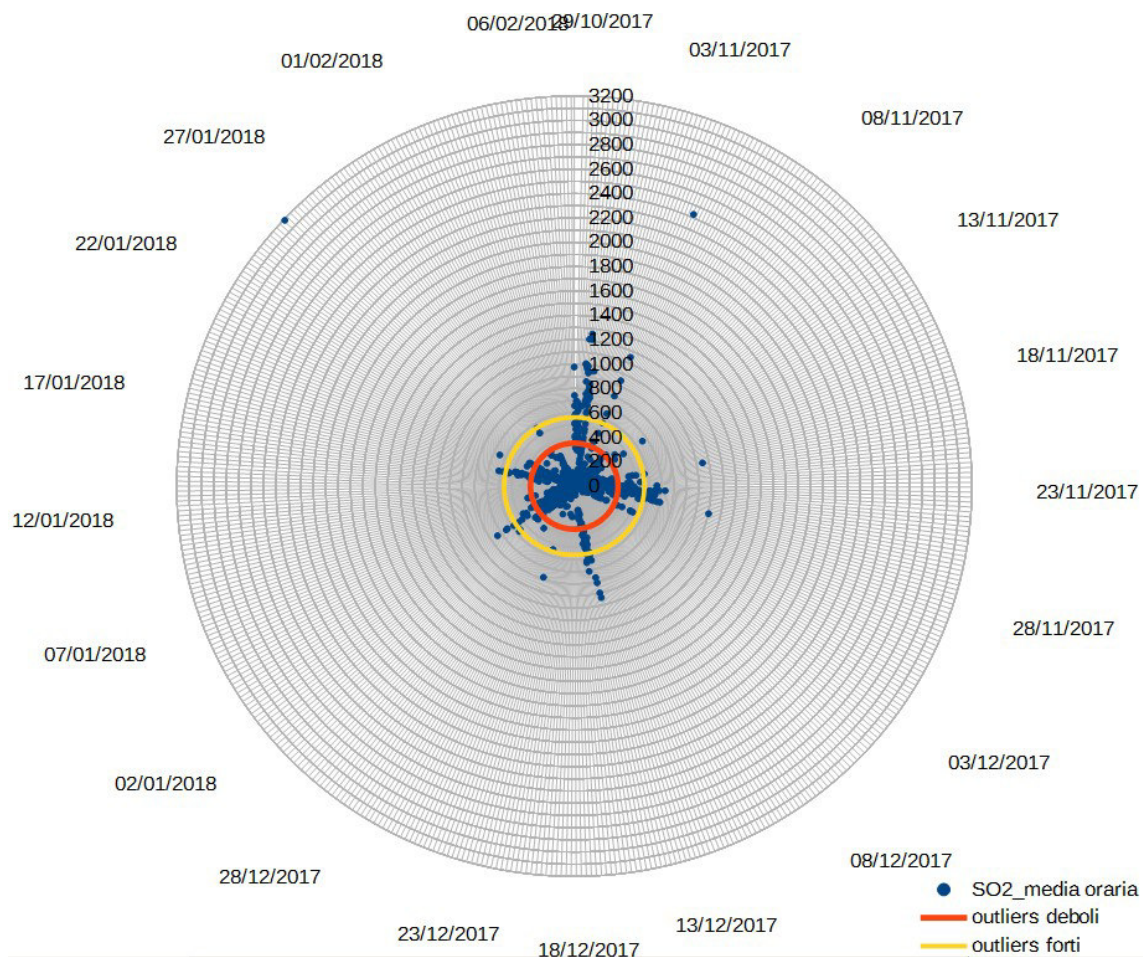
La tossicità degli idrocarburi diversi dal metano varia sensibilmente a seconda della composizione chimica.

Come si può notare dal grafico successivo, mediamente i livelli di concentrazione superiori alla media e alla mediana della distribuzione dei valori registrati tra ottobre 2017 e inizio febbraio 2018 non si osservano in corrispondenza di direzioni di vento ben definite come, invece, accade per l' SO_2 .



NMHC: Distribuzione dei livelli medi di concentrazione oraria ($\mu\text{gC}/\text{m}^3$) con la direzione prevalente del vento

Al fine di individuare la distribuzione nel tempo di tali eventi “anomali” sono stati riassunti in un solo grafico (vedi immagine successiva) tutti i livelli di concentrazione rilevati nel corso dell'intero periodo di monitoraggio analizzato (28.10.2017 – 07.02.2018). In rosso è individuata il valore minimo degli outliers deboli e in giallo quello degli outliers forti.

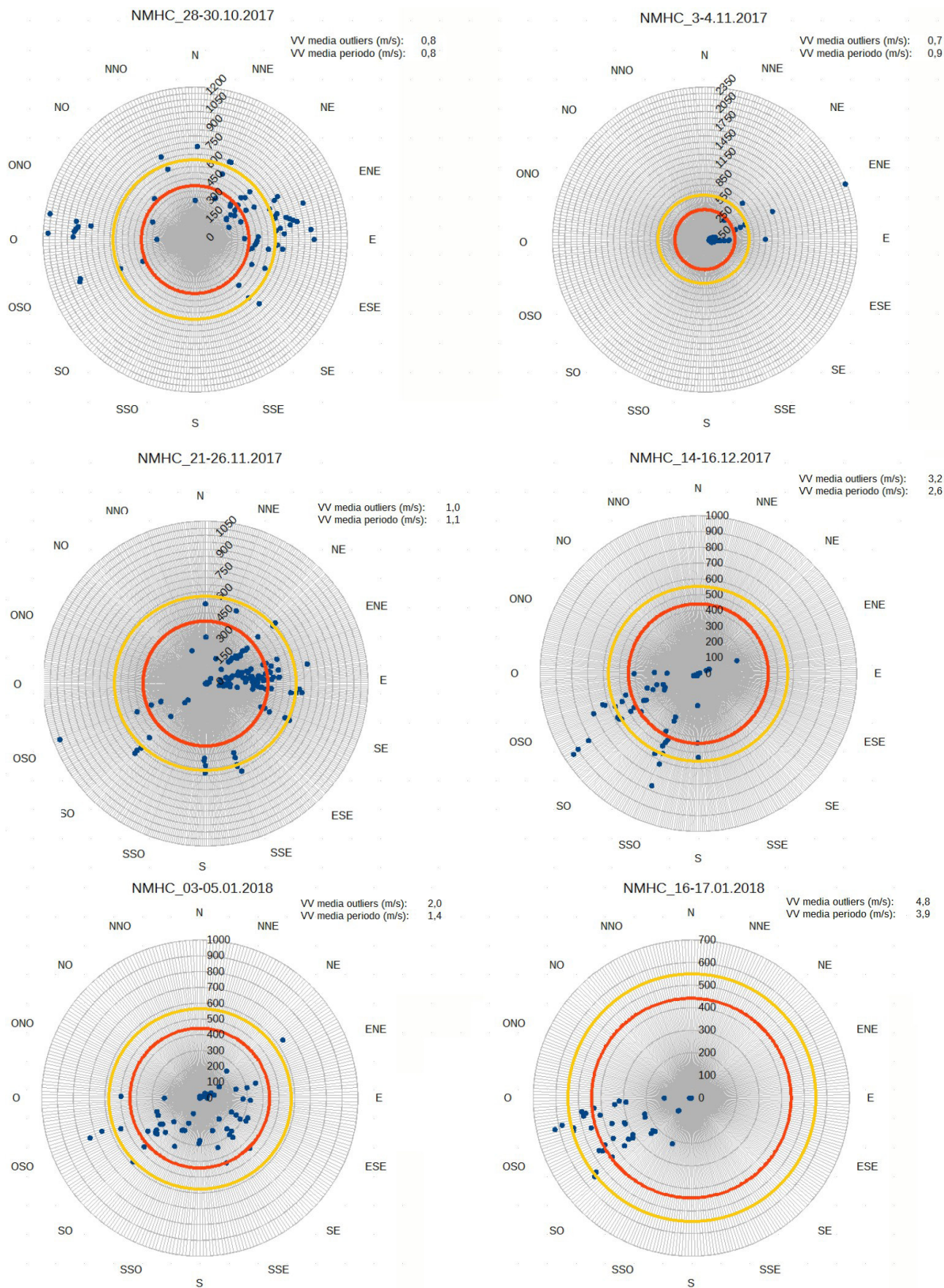


NMHC: Livelli di concentrazione ($\mu\text{gC}/\text{m}^3$) rilevati nel corso del periodo 28.10.2017 – 07.02.2018

Si può osservare una presenza di eventi con livelli di concentrazione “anomali” ben definiti individuabili, in particolare, nei periodi:

- 28-30 ottobre 2017
- 3-4 novembre 2017
- 21-26 novembre 2017
- 14-16 dicembre 2017
- 03-05 gennaio 2018
- 16-17 gennaio 2018

Per tali periodi è stata analizzata la distribuzione dei livelli medi orari di concentrazione rilevati in funzione della direzione di vento prevalente in ciascuna ora.



NMHC: Rose di concentrazione nei giorni di registrazione di picchi di concentrazione

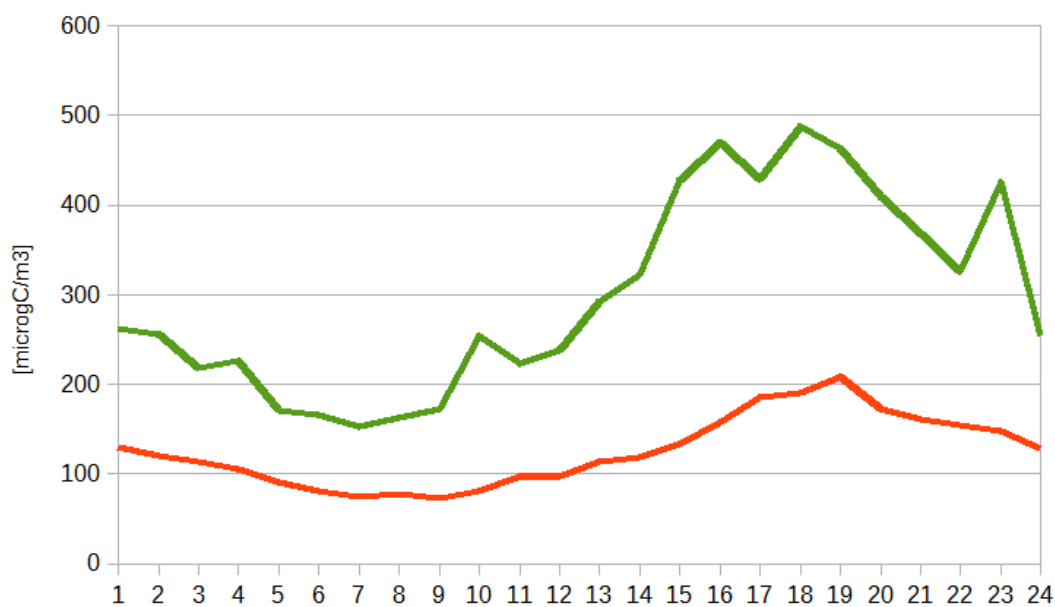
Dai grafici sopra riportati si osserva che la distribuzione dei livelli di concentrazione di picco rispetto alle direzioni prevalenti del vento corrispondenti varia al variare dell'intensità del vento; nel caso, infatti, di velocità del vento ridotte (inferiori o uguali a 1 m/s) non si individua una distribuzione prevalente mentre nel caso di velocità del vento superiori o uguali ai 2 m/s valori di concentrazione definibili "outlier" per la serie di dati raccolta nel corso dell'intero periodo di

campionamento si individuano in corrispondenza di venti con direzione oraria prevalente compresa tra i settori O – SO e, in pochi casi, SSO.

Nel caso, perciò, di venti con intensità tale da generare fenomeni di trasporto abbastanza rapidi si registrano valori di picco in corrispondenza alle direzioni di vento O-SO e SSO.

Si osserva, inoltre, che in molti dei periodi in cui si è registrata una presenza di eventi con livelli di concentrazione “anomali” per i composti organici volatili non metanici sono stati registrati eventi con livelli di concentrazione “anomali” anche per il biossido di zolfo.

Si è, infine, analizzato l'andamento medio giornaliero dei livelli medi orari di concentrazione degli NMHC al fine di verificare la presenza o meno di orari specifici in cui fossero rilevati valori più alti rispetto ad altri. Di seguito viene riportato un grafico nel quale sono stati rappresentati i giorni tipo relativi alla media delle medie orarie (in rosso) e alla massima oraria delle medie orarie (in verde).

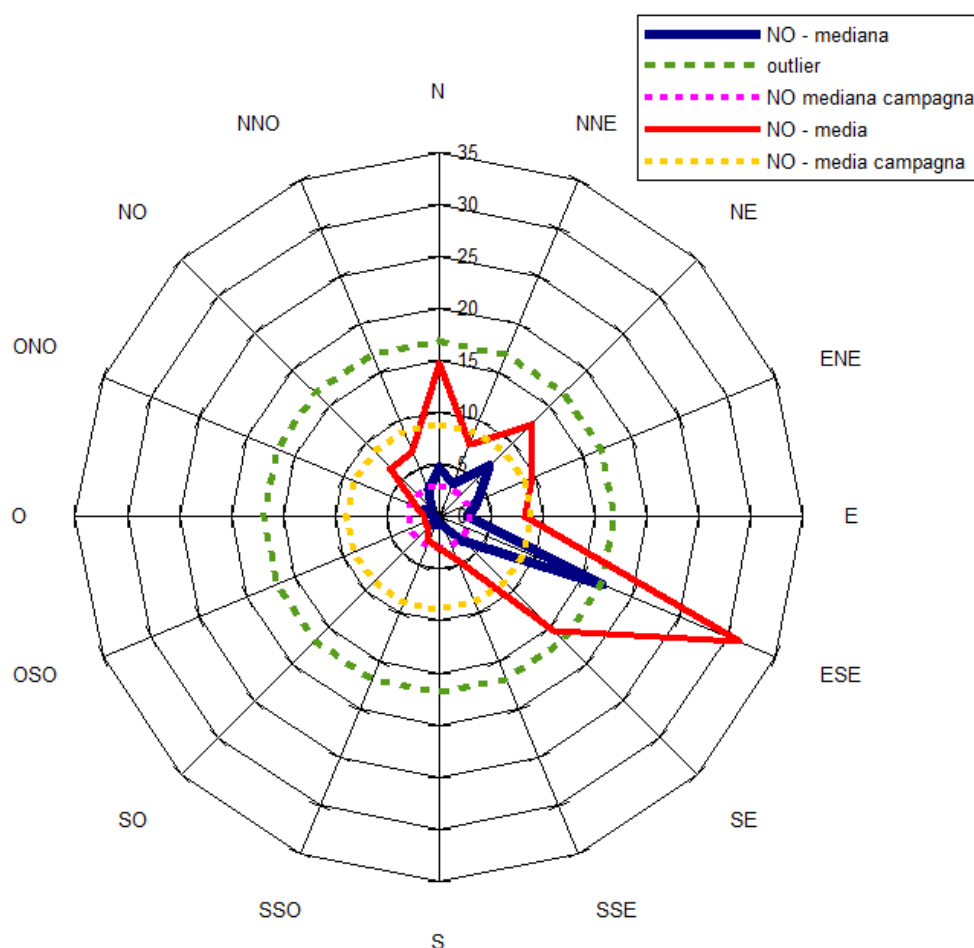


NMHC: Giornata tipo – medie orarie e massimo delle medie orarie

Si può osservare un netto incremento dei livelli di concentrazione rilevati a partire dalla seconda metà della mattinata, nella prima serata tale valore decresce e fino ad arrivare a valori minimi nelle prime ore della mattina.

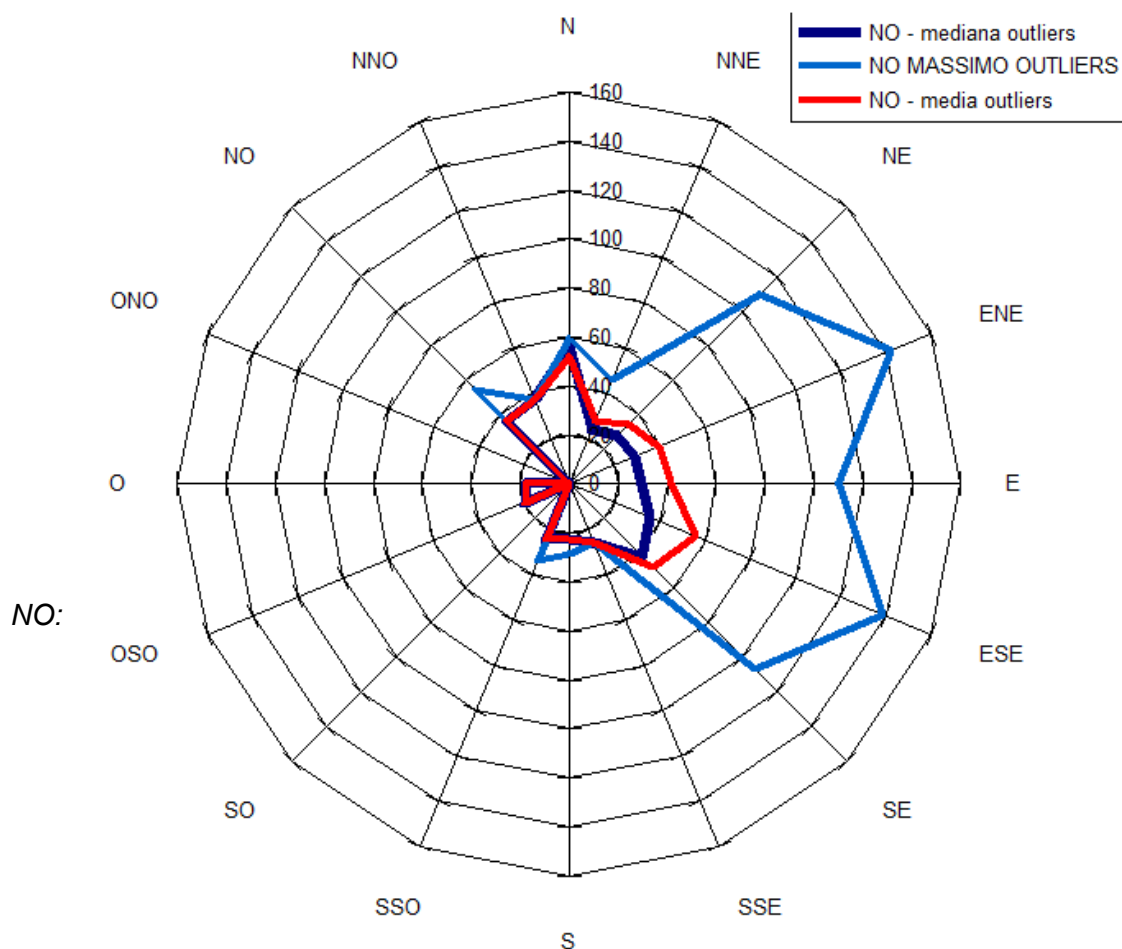
Monossido di azoto

Come si può notare dal grafico successivo, mediamente i livelli di concentrazione “anomali” rispetto alla media e alla mediana della distribuzione dei valori registrati tra ottobre 2017 e gennaio 2018 si osservano in corrispondenza di un range di direzioni di vento abbastanza ampio (N – SE), sebbene i valori più alti di concentrazione e gli eventi “di picco” si osservano in corrispondenza di venti con direzione ben definita ESE-SE.



NO: Distribuzione dei livelli medi di concentrazione oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) con la direzione oraria prevalente del vento

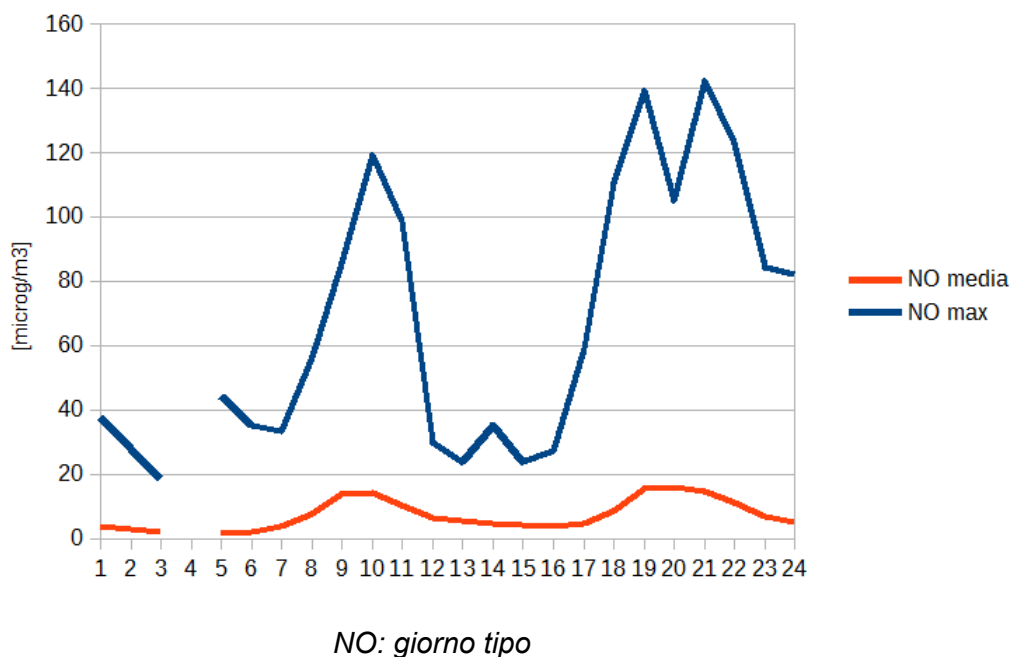
A conferma di quanto osservato nella figura precedente, i livelli di concentrazione definibili “outliers” per la serie di dati analizzata si distribuiscono in corrispondenza delle direzioni di vento ESE-SE sebbene si osservano valori di picco anche in corrispondenza delle direzioni NE ed ENE; in base a queste informazioni si rileva, perciò, che in corrispondenza delle direzioni di vento NE e ENE si rilevano generalmente livelli di concentrazione di NO inferiori rispetto a quelli rilevati in corrispondenza delle direzioni SE e ESE anche se, anche per tali direzioni di vento sono stati registrati valori di picco con livelli di concentrazione rilevanti.



Distribuzione degli outliers con la direzione oraria prevalente del vento ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Si è, infine, analizzato l'andamento medio giornaliero dei livelli medi orari di concentrazione degli NO al fine di verificare la presenza o meno di orari specifici in cui fossero rilevati valori più alti rispetto ad altri. Di seguito viene riportato un grafico nel quale sono stati rappresentati i giorni tipo relativi alla media delle medie orarie (in rosso) e alla massima oraria delle medie orarie (in blu).

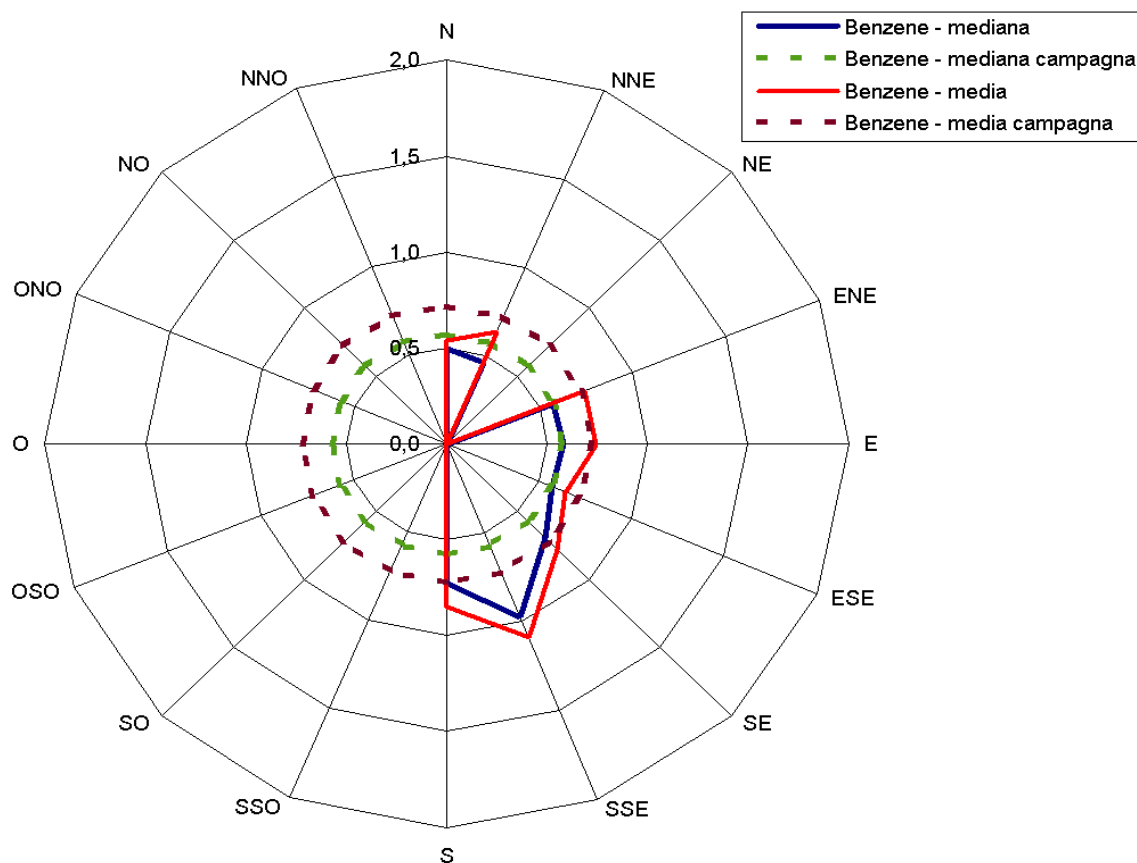
Si può osservare un netto incremento dei livelli di concentrazione rilevati a metà della mattinata e a metà e tarda sera, tale valore decresce fino ad arrivare a valori minimi nelle prime ore della mattina. Tale andamento è, solitamente, tipico di una stazione di traffico ma corrisponde anche ai periodi di accensione e spegnimento degli impianti di riscaldamento, con fonti prossime alla centralina.



Benzene

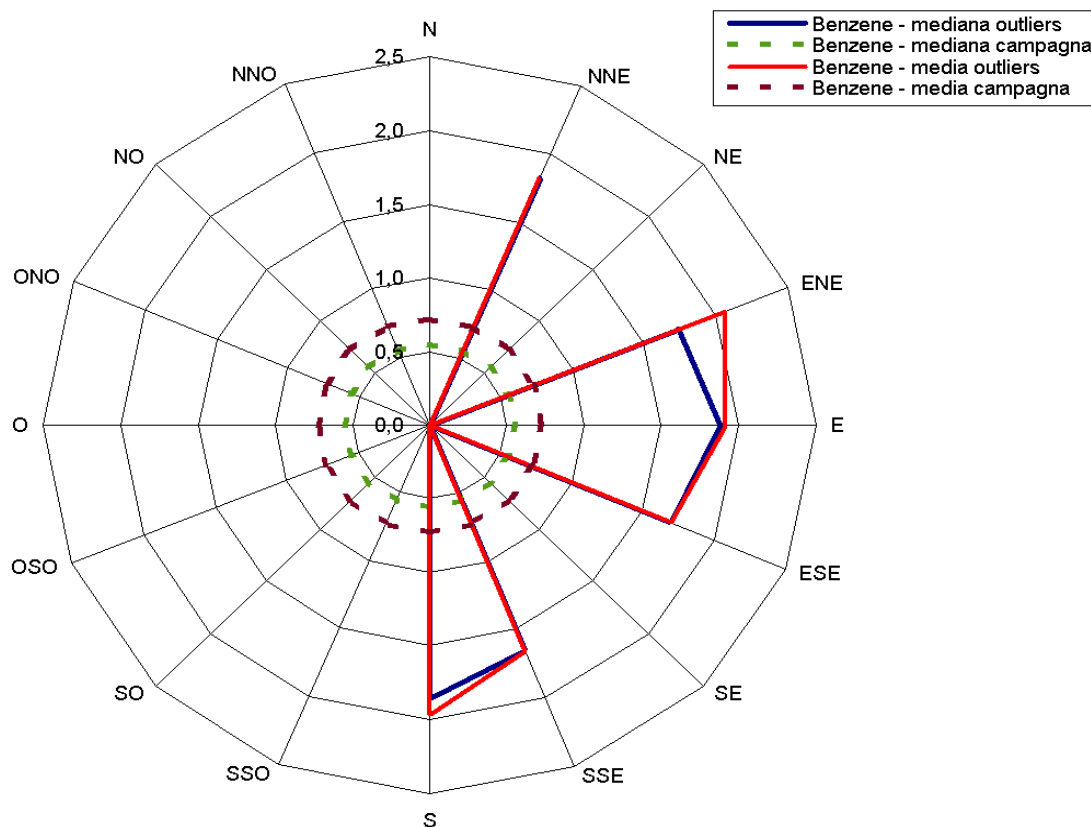
Si fa presente che per l'analisi dei livelli di concentrazione del benzene al variare della direzione e dell'intensità del vento sono stati utilizzati i dati meteo rilevati presso la centralina posta sul tetto della sede ARPAT di Livorno, in via Marradi 114. Non è stato, infatti, possibile attivare la strumentazione meteo sul mezzo mobile collocato a Stagno nel periodo 15 Settembre – 23 Ottobre 2017. Pertanto le successive valutazioni sono puramente indicative a causa della distanza tra il punto di misura del benzene e quello di misura dei parametri meteo.

Come si può notare dal grafico successivo, mediamente i livelli di concentrazione “anomali” rispetto alla media e alla mediana della distribuzione dei valori registrati tra settembre 2017 e ottobre 2017 si osservano in corrispondenza delle direzioni di vento N-NNE e ENE-S; in particolare mediamente i valori di concentrazione più alti si osservano in corrispondenza delle direzioni di vento SE-S.



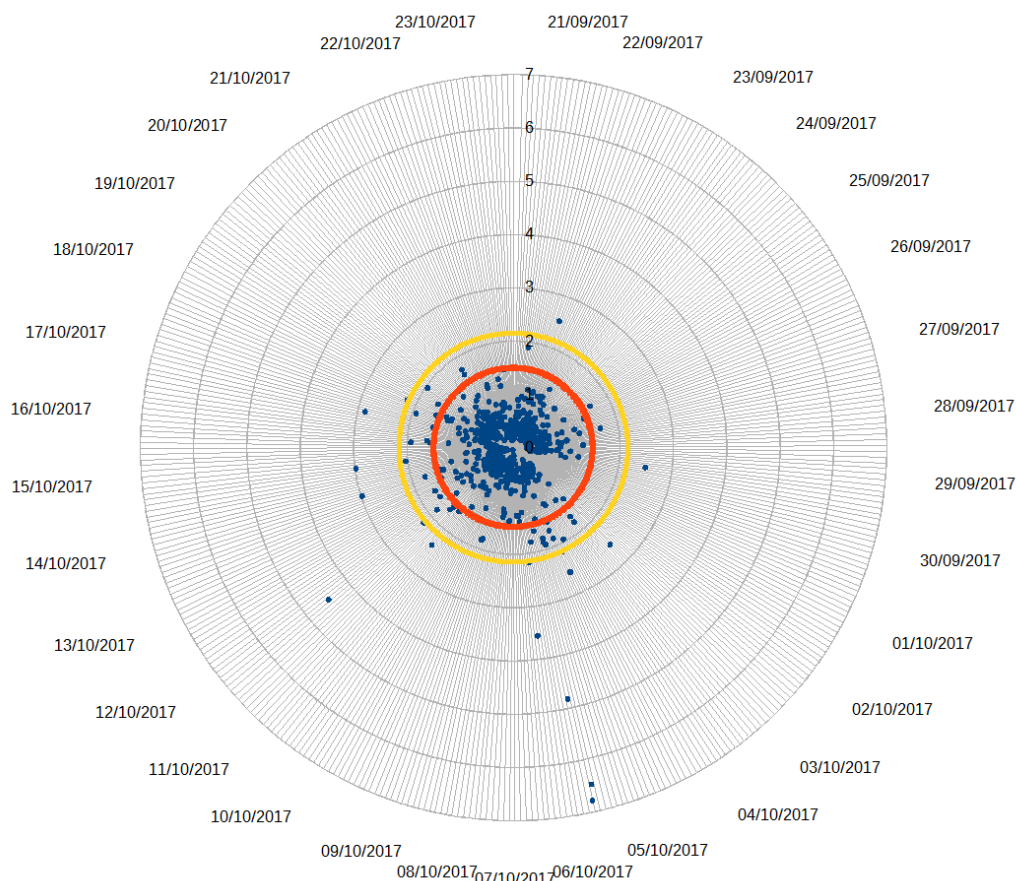
Benzene: Distribuzione livelli medi di concentrazione oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) con la direzione prevalente del vento

E' stata, quindi, analizzata la distribuzione dei parametri media, mediana e massimo degli outliers con la direzione oraria prevalente del vento. A conferma di quanto osservato nella figura precedente, i livelli di concentrazione definibili “outliers” per la serie di dati analizzata si distribuiscono per la maggior parte in corrispondenza delle direzioni di vento NNE, ENE-ESE e SSE-S.



Benzene: Distribuzione degli outliers con la direzione oraria prevalente del vento ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Al fine di individuare la distribuzione nel tempo di tali eventi “anomali” sono stati riassunti in un solo grafico (vedi immagine successiva) tutti i livelli di concentrazione rilevati nel corso dell’intero periodo di monitoraggio analizzato (15.09.2017 – 23.10.2017). In rosso è individuata il valore minimo degli outliers.



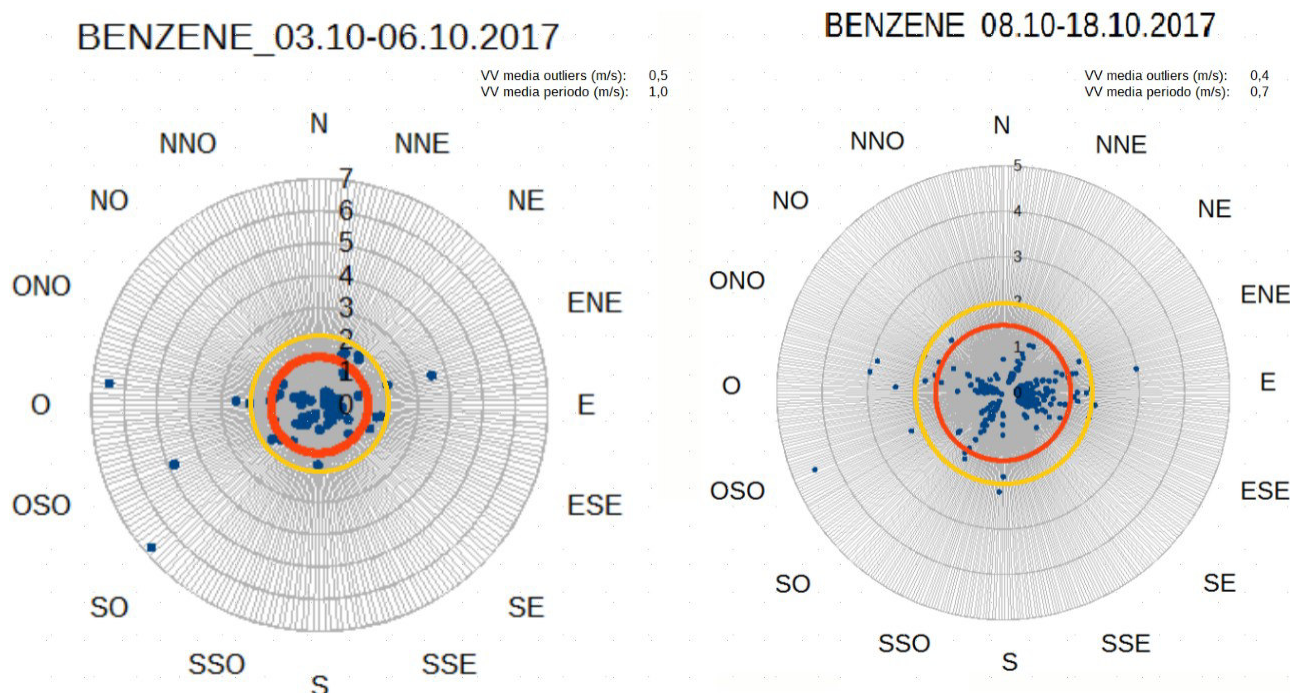
Benzene: Andamento dei livelli di concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevati nel corso del periodo 15.09.2017 – 23.10.2017

A differenza di quanto osservato per biossido di zolfo e NMHC, non si osserva una presenza di eventi con livelli di concentrazione “anomali” molto ben definiti; tuttavia è possibile individuare

periodi nei quali sono stati rilevati con frequenza maggiore livelli di concentrazione superiore al minimo individuato per i valori “outliers”:

- 3-6 ottobre 2017
- 8-18 ottobre 2017

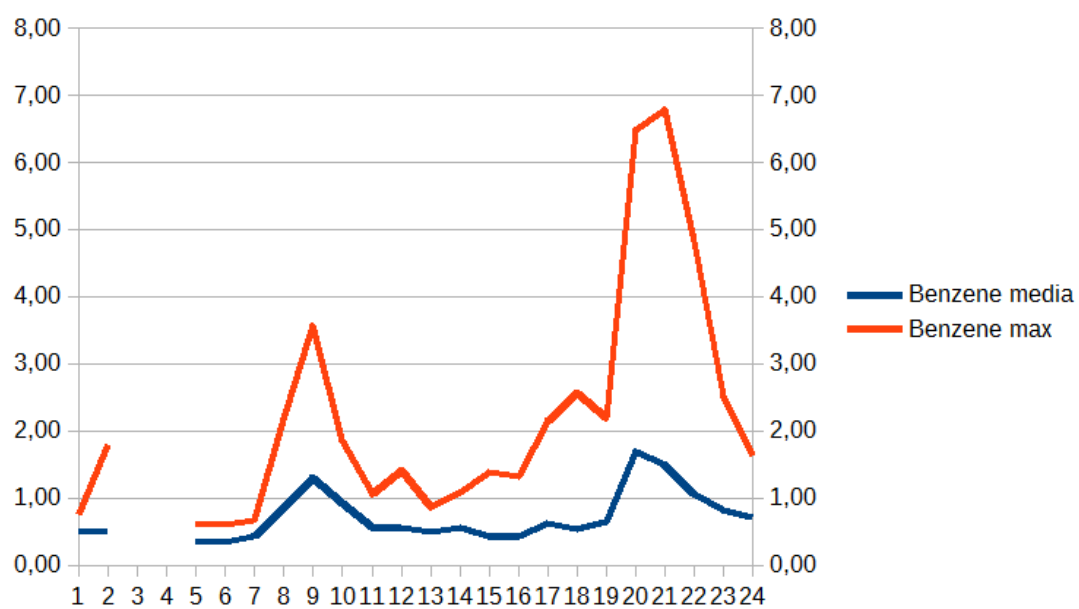
Per tali periodi è stata analizzata la distribuzione dei livelli medi orari di concentrazione rilevati in funzione della direzione di vento prevalente in ciascuna ora.



Benzene: Rose di concentrazione nei giorni di registrazione di picchi di concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Dai grafici sopra riportati si osserva che la distribuzione dei livelli di concentrazione di picco rispetto alle direzioni prevalenti del vento corrispondenti non è ben definita; si osserva, inoltre, che le velocità del vento nel periodo analizzato sono ridotte (inferiori o uguali a 1 m/s); con venti di intensità così ridotta fenomeni di trasporto avvengono in tempi maggiori, su distanze ridotte e qualora il vento soffi in maniera costante dalla stessa direzione per un periodo non limitato. Tuttavia, per entrambi i periodi, si osserva che, in condizioni di vento proveniente dalle direzioni O – SO, è presente un numero maggiore di eventi con livelli di concentrazione elevati relativamente alla media di periodo rispetto a quanto rilevato in presenza di venti provenienti da altre direzioni.

Si è, infine, analizzato l'andamento medio giornaliero dei livelli medi orari di concentrazione degli benzene al fine di verificare la presenza o meno di orari specifici in cui fossero rilevati valori più alti rispetto ad altri. Di seguito viene riportato un grafico nel quale sono stati rappresentati i giorni tipo relativi alla media delle medie orarie (in blu) e alla massima oraria delle medie orarie (in rosso). Si può osservare un netto incremento dei livelli di concentrazione rilevati a partire dalla seconda metà del pomeriggio e un picco nelle ore centrali della mattinata; nella prima serata tale valore decresce bruscamente dalla seconda metà della serata fino ad arrivare a valori minimi nel corso della notte e delle prime ore della mattina.



Benzene: Giorno tipo – medie orarie e massimo delle medie orarie