

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST**Struttura semplice "Attività di Produzione"**

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA
CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE
NEL COMUNE DI RIVAROLO CANAVESE**

Presentazione dati ed elaborazioni della 1ª campagna di monitoraggio eseguita dal 9 maggio al 6 giugno 2022 e della 2ª campagna eseguita dal 6 marzo al 6 aprile 2023



SERVIZIO B5.16
PRATICA F06_2022_01131_005

Redazione	Funzione: Tecnico Struttura Attività di Produzione	
	Nome: Annalisa Bruno, Milena Sacco	
Verifica	Incarico di Funzione: Monitoraggio qualità dell'aria e Olfattometria	
	Nome: Milena Sacco	
Approvazione	Funzione: Responsabile Struttura semplice	
	Nome: Carlotta Isabella Musto	

Redazione dei testi e delle elaborazioni a cura di:

Annalisa Bruno, Milena Sacco Struttura Semplice Attività di Produzione del Dipartimento territoriale Arpa Piemonte Nord Ovest

Per la gestione tecnica della rete di monitoraggio hanno collaborato:

Elisa Calderaro, Laura Milizia, Francesco Romeo, Milena Sacco, Roberto Sergi, Struttura Semplice Attività di Produzione del Dipartimento territoriale Arpa Piemonte Nord Ovest

Le determinazioni analitiche sono state realizzate da:

Laboratorio del Dipartimento territoriale Arpa Piemonte Nord Ovest - Sede di Grugliasco

Si ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Rivarolo Canavese per la collaborazione prestata.

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Regione Piemonte

ARPA PIEMONTE

Sede centrale di via Pio VII, 9

10135 Torino

Arrivo: AOO CMTO, N. Prot. 00103043 del 21/07/2023

SOMMARIO

1 CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO.....	4
2 IL LABORATORIO MOBILE	5
3 IL QUADRO NORMATIVO	5
4 LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	8
4.1 Obiettivi della campagna di monitoraggio	8
4.2 Analisi del contesto territoriale.....	9
4.3 Elaborazione dei dati meteorologici	14
4.4 Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Rivarolo.....	19
4.4.1 Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge	19
4.4.2 Ossidi di Azoto	20
4.4.3 Monossido di Carbonio.....	26
4.4.4 Benzene e Toluene	29
4.4.5 Particolato Sospeso PM10 e PM2.5.....	35
4.4.6 Ozono	42
5 CONCLUSIONI.....	46
6 APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI.....	48

Arrivo: AOO CMTO, N. Prot. 00103043 del 21/07/2023

1 CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Per inquinamento dell'aria si intende qualsiasi variazione nella sua composizione, determinata da fattori naturali e/o artificiali, dovuta all'immissione di sostanze la cui natura e concentrazione sono tali da costituire pericolo, o quantomeno pregiudizio, per la salute umana o per l'ambiente in generale. Queste sostanze inquinanti sono generate principalmente da:

- traffico veicolare;
- attività industriali;
- combustione da impianti termoelettrici;
- combustione da riscaldamento domestico;
- smaltimento rifiuti (termovalorizzatori e discariche).

Le emissioni indicate generano innumerevoli sostanze che si disperdono nell'atmosfera. Si possono dividere tali sostanze in due grandi gruppi: al primo appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo gruppo quelli che si producono a causa dell'interazione di due o più inquinanti primari per reazione con i normali costituenti dell'atmosfera, con o senza fotoattivazione (inquinanti secondari).

Nella Tabella 1 sono indicate le fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici.

Tabella 1– Fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici.

INQUINANTE	Traffico autoveicolare veicoli a benzina	Traffico autoveicolare veicoli diesel	Emissioni industriali	Combustioni fisse alimentate con combustibili liquidi o solidi	Combustioni fisse alimentate con combustibili gassosi
BIOSSIDO DI ZOLFO					
BIOSSIDO DI AZOTO					
BENZENE					
MONOSSIDO DI CARBONIO					
PARTICOLATO SOSPESO					
PIOMBO					
BENZO(a)PIRENE					

	= fonti primarie
	= fonti secondarie

La dispersione degli inquinanti nell'atmosfera è strettamente legata alla situazione meteorologica dei siti presi in esame; pertanto, per una completa caratterizzazione della qualità dell'aria in un determinato sito, occorre conoscere l'andamento dei principali parametri meteorologici (velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare).

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2021", elaborata congiuntamente dalla Città Metropolitana di Torino e da Arpa Piemonte, scaricabile dai siti internet di ARPA Piemonte e Città Metropolitana di Torino. Alla medesima pubblicazione si rimanda per una descrizione approfondita dei fenomeni meteorologici e del significato delle grandezze misurate.

2 IL LABORATORIO MOBILE

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio della Città Metropolitana di Torino viene realizzato attraverso le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

Le informazioni acquisite da tale rete sono integrate, laddove non siano presenti postazioni della rete fissa e si renda comunque necessaria una stima della qualità dell'aria, attraverso l'utilizzo di stazioni mobili gestite dalle sedi provinciali di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile della Provincia di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali: biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di campionatori di particolato atmosferico PM10 e PM2.5, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

3 IL QUADRO NORMATIVO

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria impone dei limiti per quegli inquinanti che risultano essere quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D. Lgs. 155/2010 che ha abrogato e sostituito le normative precedenti senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati, i limiti di legge possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM10 e PM2.5, piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo;
- **valori limite giornalieri o orari** per biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM10, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di zolfo, il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

Nei limiti riferiti alla prevenzione a breve termine sono previste soglie di informazione e di allarme come medie orarie. A lungo termine sono previsti obiettivi per la protezione della salute umana e della vegetazione calcolati sulla base di più anni di monitoraggio.

Il **D.Lgs. 155/2010** ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM2.5 e in particolare:

- un **valore limite**, espresso come media annuale, pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1° gennaio 2015;
- un **valore obiettivo**, espresso come media annuale, pari 20 µg/m³ da raggiungere entro il 1° gennaio 2020.

La normativa prevede inoltre per il PM2.5 un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D. Lgs. 155/2010). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

Nelle Tabella 2, 3 e 4 sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente.

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2021".

Tabella 2 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ (NO ₂)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m ³ (NO ₂)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m ³ (NO _x)	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m ³	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM10)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	1-gen-2010

Tabella 3 – Valori limite per ozono e benzo(a)pirene.

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
OZONO (O ₃) (D. Lgs. 13/08/2010 n.155)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m ³	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m ³	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ ⁽¹⁾	25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2010
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni ⁽²⁾		2010
	OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³ *h ⁽²⁾		
BENZO(a)PIRENE (D. Lgs. 13/08/2010 n.155)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m ³ ⁽⁴⁾	-	-

⁽¹⁾ La media mobile trascinata è calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori relativi agli intervalli h+(h-8)

⁽²⁾ Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e il valore di 80 µg/m³, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.

⁽³⁾ La frequenza di campionamento è pari a 1 prelievo ogni z giorni, ove z=3+6; z può essere maggiore di 7 in ambienti rurali; in nessun caso z deve essere pari a 7.

⁽⁴⁾ Il periodo di mediazione è l'anno civile (1 gennaio – 31 dicembre)

Tabella 4 – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 13/08/2010 n.155).

INQUINANTE	VALORI OBIETTIVO ⁽¹⁾
Arsenico	6.0 ng/m ³
Cadmio	5.0 ng/m ³
Nichel	20.0 ng/m ³

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

4 LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

4.1 Obiettivi della campagna di monitoraggio

Arpa Piemonte ha svolto dal 2014 al 2017 5 campagne di monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Rivarolo Canavese che hanno complessivamente rilevato alcune criticità sul territorio comunale, benché in linea con altre aree urbanizzate della Città Metropolitana di Torino.

A seguito della preoccupazione per la salute dei propri cittadini, nel 2018 l'Amministrazione comunale ha richiesto ad Arpa Piemonte l'installazione di una centralina fissa di monitoraggio della qualità dell'aria. Poiché una tale decisione non rientra nelle competenze di Arpa, ma è oggetto di programmazione da parte di Regione Piemonte, non è stato possibile accogliere la richiesta. Si è tuttavia deciso, in accordo con l'Amministrazione di Rivarolo, di svolgere due nuove campagne di misura sul territorio comunale al fine di valutare a distanza di cinque anni la qualità dell'aria e il livello di inquinamento atmosferico cui la popolazione locale è sottoposta.

Per le campagne di monitoraggio è stato individuato un nuovo sito di campionamento poiché la struttura urbanistica del centro cittadino di Rivarolo si è modificata negli ultimi anni: in particolare è avvenuto l'abbattimento della scuola nel cui cortile erano state condotte le ultime campagne di misura. Il mezzo mobile è stato posizionato nel parcheggio in via Montenero, a poca distanza in linea d'aria dal sito precedente.

Tabella 5 – Sintesi delle informazioni sulle campagne di misura svolte a Rivarolo C.se 2014-2023

MEZZO DI MISURA	PERIODO	INDIRIZZO	Coordinate UTM (S.R. WGS84)	
Laboratorio mobile della qualità dell'aria di Arpa Piemonte	28 gen – 4 mar 2014 6 ago – 16 set 2014	Corso indipendenza angolo corso Italia Rivarolo Canavese	EST: 399893	NORD: 5020791
Laboratorio mobile della qualità dell'aria di Arpa Piemonte	15 gen – 15 feb 2015 26 feb– 18 mar 2016 7-26 giugno 2017	Scuola Elementare Via Roma 1 Rivarolo Canavese	EST: 399771	NORD: 5020468
Laboratorio mobile della qualità dell'aria di Arpa Piemonte	I CAMPAGNA 9 maggio – 6 giugno 2022 II CAMPAGNA 6 marzo – 6 aprile 2023	Parcheggio via Montenero Rivarolo Canavese (TO)	EST: 399664	NORD: 5020568

Come è prassi le due campagne di monitoraggio con il laboratorio mobile della qualità dell'aria sono state programmate in momenti diversi dell'anno, in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo-climatiche. La prima campagna di misura si è svolta dal 9 maggio al 6 giugno 2022, la seconda campagna è stata condotta a Rivarolo dal 6 marzo al 6 aprile 2023, nel periodo finale del semestre freddo. Si fa notare che la scelta dei periodi in cui svolgere le campagne di misura in ogni comune risente dell'organizzazione complessiva del monitoraggio svolto con il laboratorio mobile dal servizio del nucleo operativo di qualità dell'aria. Non sempre è possibile individuare per ogni indagine conoscitiva su un territorio comunale due periodi tipicamente invernali ed estivi per ognuna delle due campagne di misura che si svolgono di prassi.

Si rammenta che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile. I dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni della prima campagna vanno dal 10 maggio al 5 giugno 2022 per un totale di 27 giorni. Il periodo valido per l'analisi dei dati della seconda campagna va dal 7 marzo al 5 aprile 2023, per un totale di 30 giorni di misura.



Per l'analisi del contesto territoriale vengono di seguito riportate le stime delle principali sorgenti emissive ricavate dall'inventario regionale delle Emissioni in atmosfera IREA (<https://www.servizi.piemonte.it/osservatori/cruscotto-conoscenze-ambientali/emissioni-atmosfera.shtml>) e la valutazione modellistica dello stato di Qualità dell'Aria elaborata da Arpa Piemonte (https://webgis.arpa.piemonte.it/aria_modellistica_webapp/index.html)

Per la stima delle principali sorgenti emissive sul territorio comunale è stato utilizzato l'inventario aggiornato al 2015, nel quale la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive, includendo le attività considerate rilevanti per le emissioni atmosferiche. I macrosettori individuati sono i seguenti:

- Per ciascun macro-settore vengono riportate le quantità assolute di emissioni in atmosfera per alcuni inquinanti di qualità dell'aria, espresse in tonnellate/anno.

La Tabella 6 riporta i principali contributi emissivi stimati per il Comune di Rivarolo espressi in tonnellate/anno e suddivisi per fonti di emissione. Nelle Figure 3, 4, 5 e 6 vengono rappresentati graficamente i contributi delle emissioni dei principali inquinanti atmosferici.

Tabella 6: contributi emissivi stimati per il comune di Rivarolo

INQUINANTE	MACROSETTORE										
	01 - PRODUZIONE ENERGIA E TRASFORMAZIONE COMBUSTIBILI	02 - COMBUSTIONE NON INDUSTRIALE	03 - COMBUSTIONE NELL'INDUSTRIA	04 - PROCESSI PRODUTTIVI	05 - ESTRAZIONE E DISTRIBUZIONE COMBUSTIBILI	06 - USO DI SOLVENTI	07 - TRASPORTO SU STRADA	08 - ALTRE SORGENTI MOBILI E MACCHINARI	09 - TRATTAMENTO E SMALTIMENTO RIFIUTI	10 - AGRICOLTURA	11 - ALTRE SORGENTI E ASSORBIMENTI
CO	13.89	190.71	2.02				162.89	13.4		0.05	
COV	0.64	19.14	0.39	13.24	5.25	65.74	40.56	5.03		92.4	34.78
NH3		0.45					0.7	0.01	0.01	155.79	
NOx	42.67	24.85	9.77				90.75	39.32		0.89	0.03
PM10	0.18	18	0.14	0.06		0.29	12.26	3.54		0.84	0.58
PM2.5	0.13	17.81	0.14	0.04		0.29	4.65	3.42		0.35	0.58
SO2	3.05	2.37	0.08	0.04		0.29	0.13	0.33		0	0.01

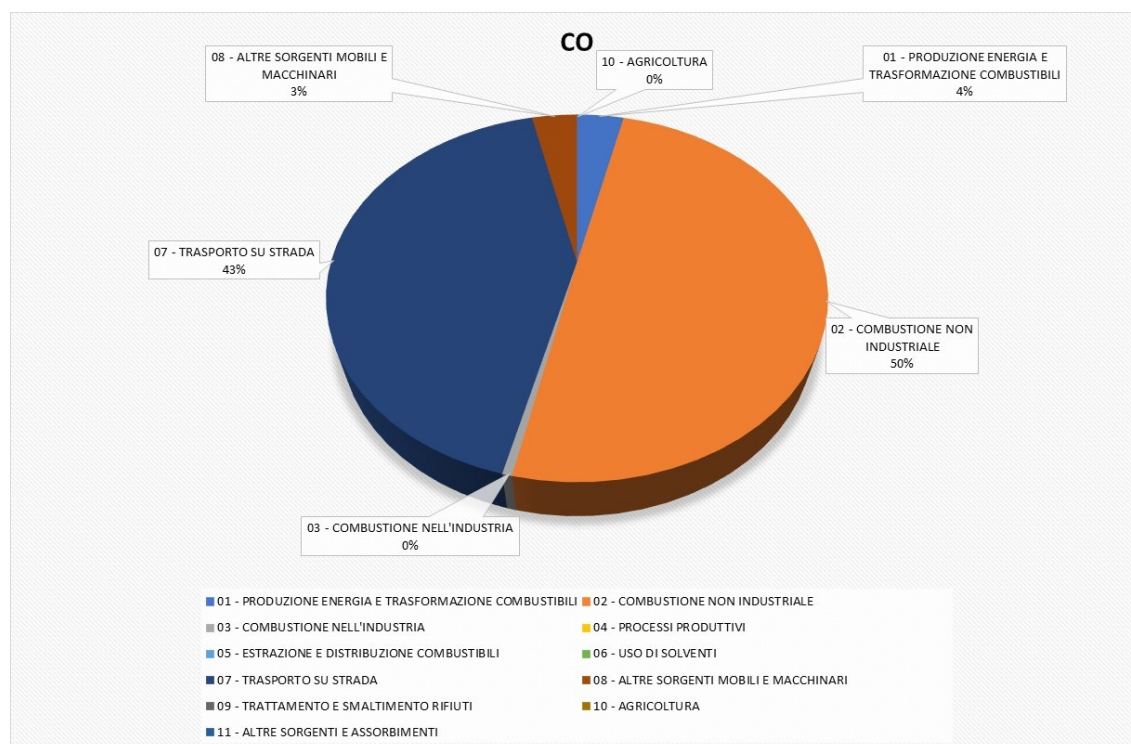


Figura 2: stima contributi emissioni di CO nel comune di Rivarolo

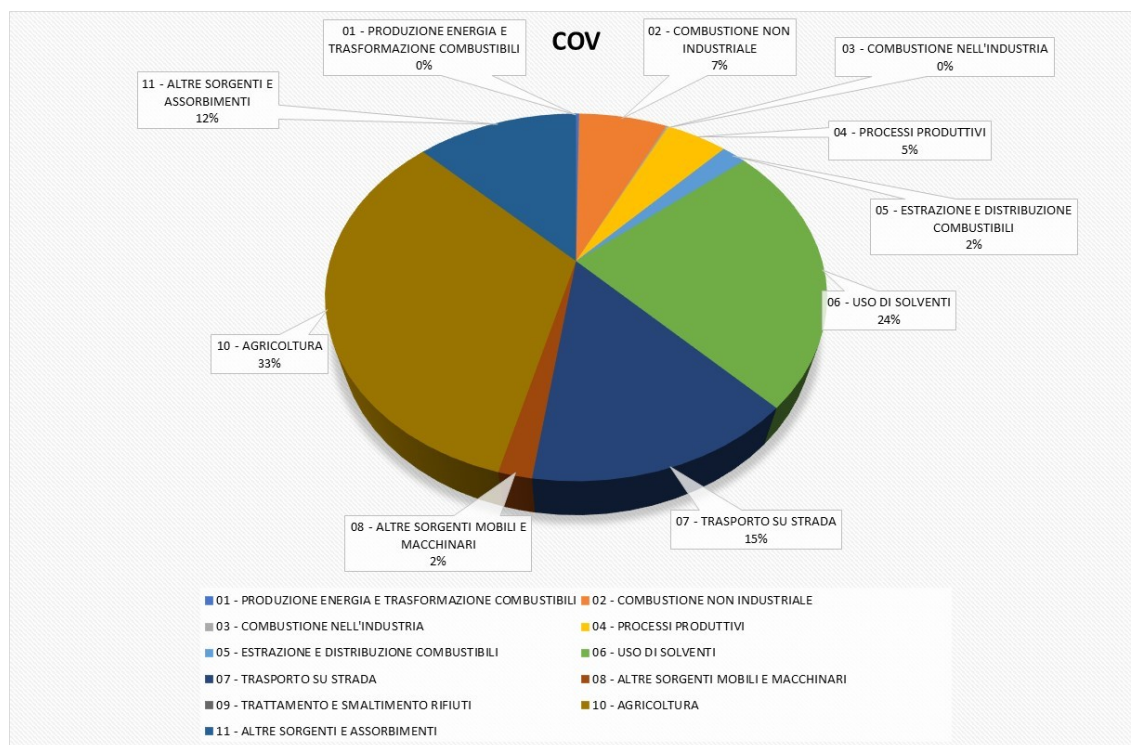


Figura 3: stima contributi emissioni di composti organici volatili nel comune di Rivarolo

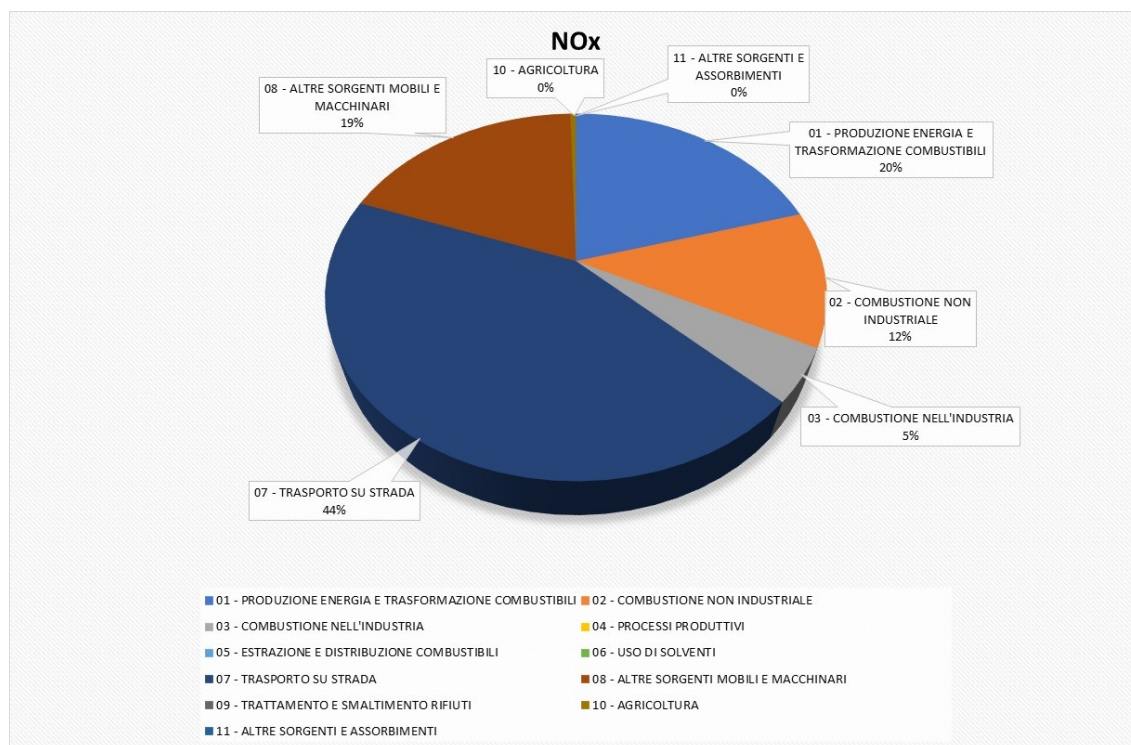


Figura 4: stima contributi emissioni di ossidi di azoto nel comune di Rivarolo

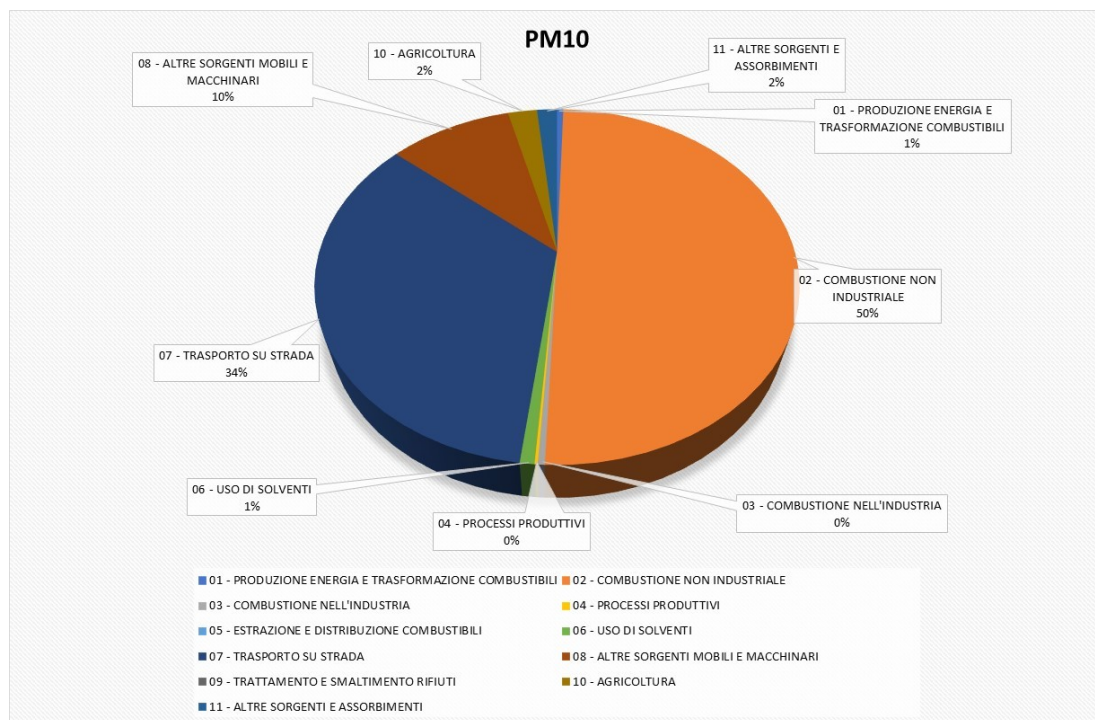


Figura 5: stima contributi emissioni di PM10 nel comune di Rivarolo

4.2.2 Valutazione modellistica annuale dello stato di Qualità dell'Aria

Il quadro normativo nazionale e comunitario (attualmente rappresentato dal D.Lgs. 155/2010, recepimento della direttiva 2008/50/CE) stabilisce che la valutazione della qualità dell'aria deve essere realizzata utilizzando sia misure effettuate in siti fissi, sia tecniche di valutazione modellistica. Coerentemente con tale quadro normativo la Valutazione modellistica Annuale sullo stato della Qualità dell'aria in Piemonte è stata realizzata con un approccio integrato che sfrutta le differenti tipologie informative disponibili in Regione Piemonte: la prima è rappresentata dalle misure del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA) disponibile solamente per un certo numero di localizzazioni spaziali, la seconda dai campi di concentrazione ad alta risoluzione spaziale prodotti dal sistema modellistico di trasporto, dispersione e trasformazione chimica degli inquinanti in atmosfera messo a punto ed utilizzato operativamente da ARPA Piemonte, dando seguito al mandato ricevuto dal Settore competente della Direzione Ambiente della Regione Piemonte.

La struttura di Arpa che si occupa di modellistica di qualità dell'aria e che svolge anche funzioni di Coordinamento è il Dipartimento Rischi Naturali e ambientali - Meteorologia, clima e qualità dell'aria.

Di seguito vengono proposte le elaborazioni grafiche realizzate dalla suddetta struttura e consultabili sul sito ARPA https://webgis.arpa.piemonte.it/secure_apps/aria_modellistica_webapp/index.html.

Nella Figura 6 viene data evidenza del risultato della valutazione modellistica in relazione al numero di superamenti del valore limite della media giornaliera ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) stabilito per il PM10, la cui stima per il territorio del comune di Rivarolo per il 2021 è compreso tra i 26 e 35, inferiore ai 35 stabiliti dalla norma.

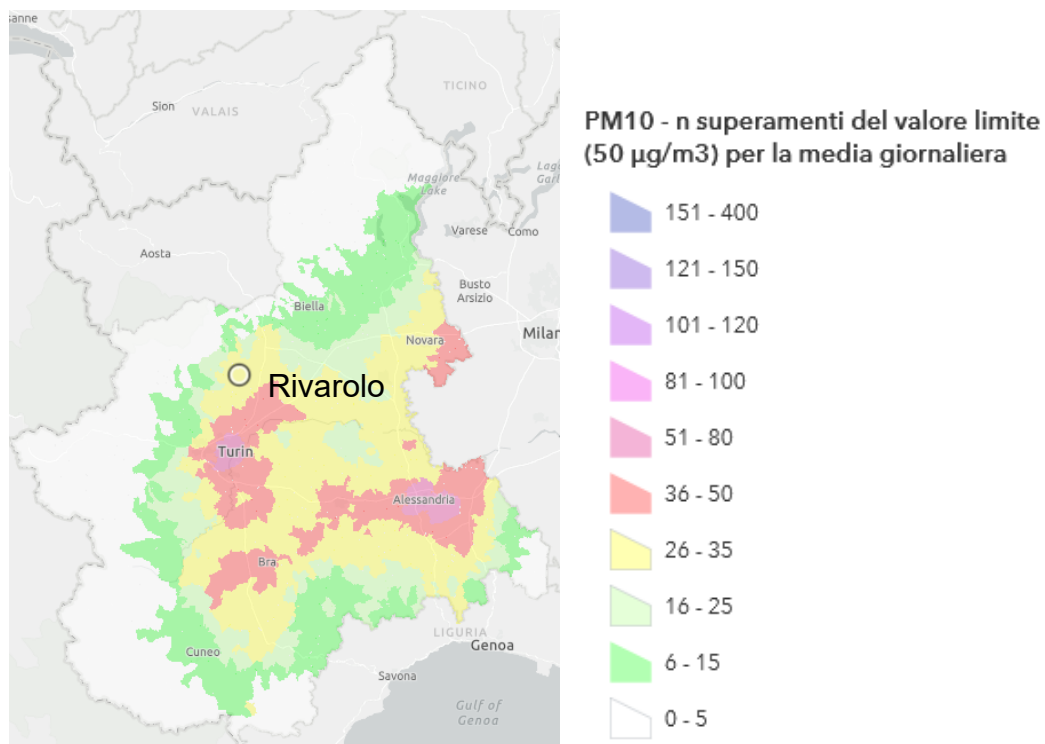


Figura 6: PM10 - n. superamenti del valore limite (50 µg/m³) per la media giornaliera

Nella Figura 7 vengono rappresentati i risultati della modellistica in merito alla media annuale del PM₁₀, da cui emerge che per Rivarolo la media annuale stimata per il 2021 è compresa tra 21 e 28 µg/m³, inferiore al limite di 40 µg/m³ previsto dalla normativa.

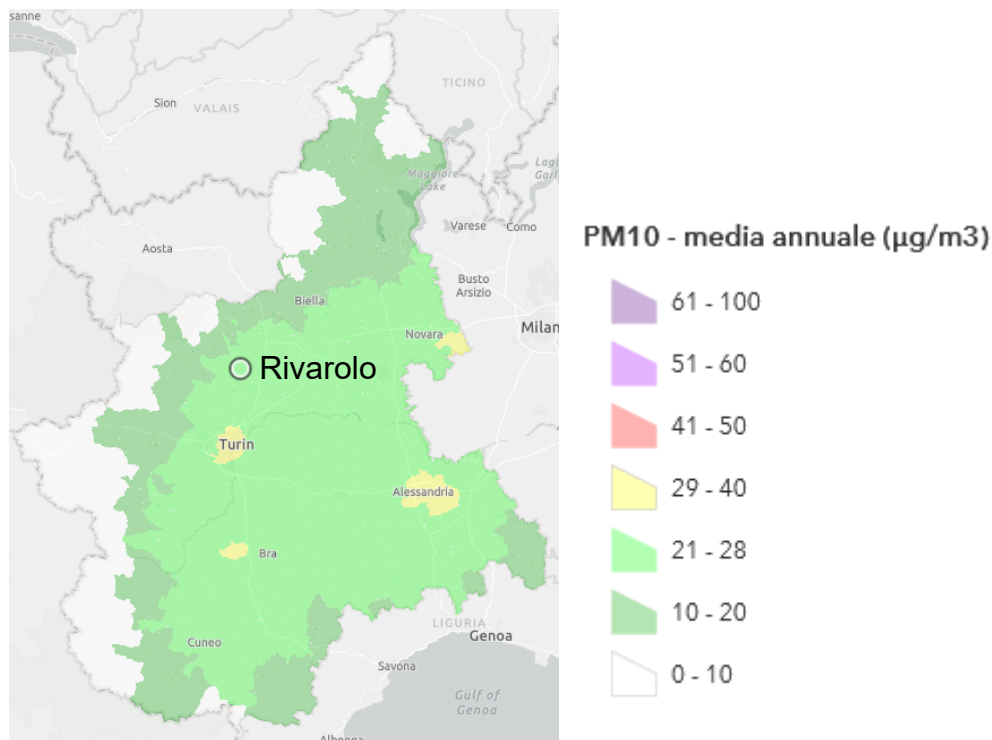


Figura 7: PM10 - media annuale (µg/m³)

La Figura 8 mostra la stima della media annuale del 2021 del biossido di azoto che per Rivarolo è compresa tra 11 e 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore al limite di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

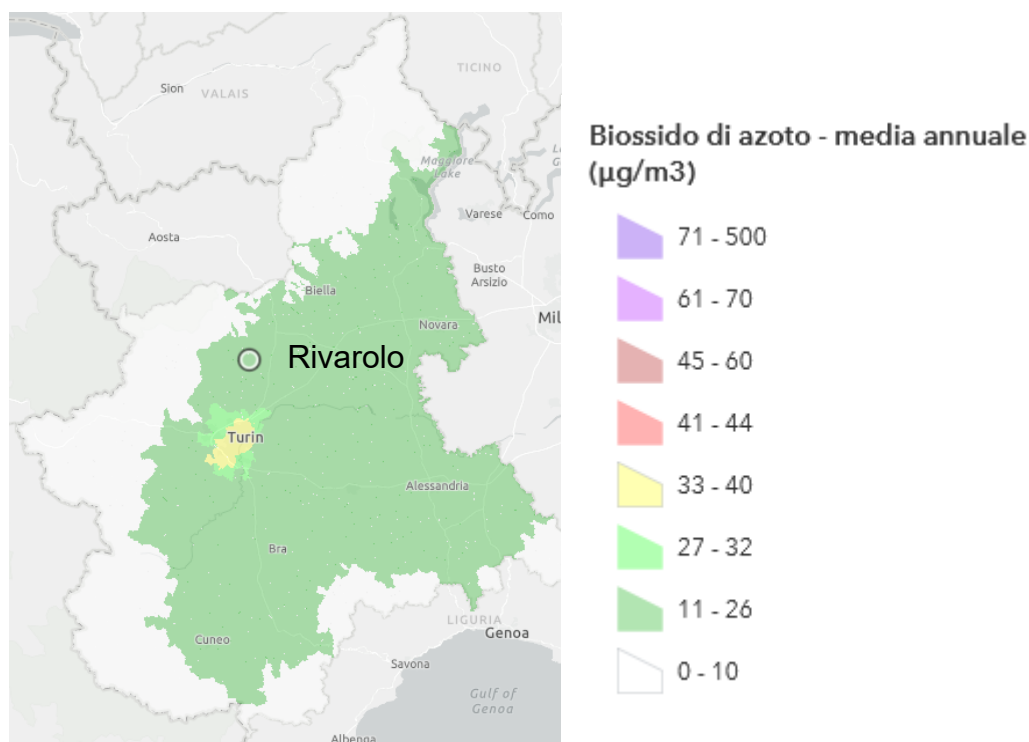


Figura 8: NO_2 - media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.3 Elaborazione dei dati meteorologici

Di seguito riportiamo i risultati e gli indici statistici di tutti gli inquinanti monitorati, sia meteorologici sia chimici. In genere, i grafici presentati sono divisi a metà, la parte di sinistra mostra l'andamento dei dati durante la prima campagna, la parte di destra l'andamento dei dati della seconda campagna, in modo da avere una visione d'insieme dei due periodi di analisi.

Si fa notare inoltre che, in particolare nelle tabelle riassuntive, ci si riferisce alla prima campagna di misura svolta nella primavera del 2022 come "periodo caldo" e alla seconda campagna effettuata alla fine dell'inverno 2023 come "periodo freddo".

Nella Tabella 7 sono riassunti gli indici statistici relativi ai dati meteorologici registrati durante le due campagne di misura del 2022 e del 2023.

I grafici dalla Figura 9 alla Figura 12 mostrano l'andamento lineare dei parametri meteo nella prima e nella seconda campagna di misura. La Figura 9 mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) e delle precipitazioni nel corso delle due campagne di monitoraggio. La durata e l'intensità dell'irraggiamento variano leggermente tra le due campagne di misura. I valori più elevati si registrano durante la campagna del periodo caldo (maggio-giugno 2022) con una media di 209 W per unità di superficie (m^2) e valori massimi intorno ai 900 W/m^2 ; durante la seconda campagna di misura (marzo-aprile 2023) la media è inferiore - 163 W/m^2 - con massimi che raramente superano i 700 W/m^2 . Le precipitazioni sono state piuttosto scarse in entrambi i periodi indagati, con medie del periodo praticamente pari a zero. Ci sono stati due soli eventi di pioggia rilevanti durante la prima campagna di misura (il 14 maggio 2022 con 18.4 mm di pioggia cumulata e dal 24 al 26 maggio 2022); d'altronde la primavera 2022 si pone al 6° posto nella distribuzione storica delle stagioni primaverili meno piovose dal 1958 a oggi, con un'anomalia pluviometrica del mese di

maggio pari a – 38%¹. Durante la campagna del periodo freddo l'unico episodio significativo di precipitazioni si è verificato il 14 marzo 2023 con 10.4 mm di pioggia giornaliera.

Tabella 7.- Parametri meteo registrati durante le due campagne di misura a Rivarolo C.se

PARAMETRI METEO	RADIAZIONE SOLARE G.		TEMPERATURA		UMIDITÀ RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITÀ VENTO		PIOGGIA	
Unità di misura	W/m ²		°C		%		hPa		m/s		mm	
	Caldo	Freddo	Caldo	Freddo	Caldo	Freddo	Caldo	Freddo	Caldo	Freddo	Caldo	freddo
Minima media giornaliera	63	64	15,6	8,3	46	24	970	963,3	0,5	0,6	0	0
Massima media giornaliera	253	222	24	15	78	79	987	985,5	1,3	3,2	0,8	0,4
Media delle medie giornaliere	209	163	21,6	11,8	62	52	979	975,6	0,8	1	0	0
Giorni validi	26	29	26	29	26	29	26	29	24	29	26	29
Percentuale giorni validi	96%	97%	96%	97%	96%	97%	96%	97%	89%	97%	96%	97%
Media dei valori orari	209	163	21,6	11,8	62	52	979	975,6	0,8	1	0	0
Massima media oraria	936	761	30,1	22	99	99	990	987	3,9	6,3	12,6	6,2
Ore valide	624	696	624	696	624	696	624	696	562	689	624	696
Percentuale ore valide	96%	97%	96%	97%	96%	97%	96%	97%	87%	96%	96%	97%

Il campo pressorio (Figura 10) si è attestato in media tra i 980 hPa (periodo caldo) e 975 hPa (periodo freddo). I valori sono leggermente inferiori ma presentano lo stesso andamento di quelli registrati dalla postazione meteo di Torino - Caselle.

La temperatura media durante il periodo di misura caldo (maggio-giugno 2022) è stata di 21.6 °C, il valore minimo orario di 13.5°C è stato registrato il 29 maggio 2022; la temperatura massima oraria è stata raggiunta il 21 maggio con 30.1 °C. Durante la campagna di misura del periodo freddo è stata registrata una temperatura media di 11.8 °C, mentre i valori minimi e massimi hanno oscillato tra 3.4°C (8 marzo 2023) e 22°C (25 marzo 2023). Complessivamente i valori di temperatura media, massima e minima dei periodi indagati sono confrontabili con quelli della stazione di riferimento di Torino - Caselle (Figura 11).

In genere l'umidità segue un andamento giornaliero ciclico, con valori più alti di notte e più bassi di giorno, in corrispondenza delle temperature massime giornaliere. È evidente che durante gli eventi piovosi più o meno intensi l'andamento tipico dell'umidità viene meno e anche di giorno la percentuale di umidità rimane elevata a causa delle precipitazioni.

A Rivarolo C.se temperatura e umidità relativa mantengono il tipico andamento inversamente proporzionale per entrambe le campagne di misura, soprattutto nel periodo caldo (maggio-giugno 2022). Nella seconda campagna di monitoraggio l'andamento della umidità relativa è più variabile, dovuto probabilmente alla maggiore variabilità del tempo meteorologico e dei parametri anemologici. In merito alla velocità del vento, infatti, le due campagne sono abbastanza distinte. Durante il monitoraggio nel periodo freddo la velocità media registrata è stata più elevata (1 m/s) e soprattutto c'è stato un numero maggiore di eventi ventosi con velocità superiori a 2 m/s (Figura 12).

¹ https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/rapporti-di-analisi/eventi_pdf/2022/Primavera_2022.pdf

I grafici della Figura 13 e della Figura 14 rappresentano le rose dei venti registrate nel punto di misura dall'anemometro in dotazione sul laboratorio mobile durante le due campagne di misura di maggio-giugno 2022 e marzo-aprile 2023. In merito alla prima campagna, effettuata nel periodo caldo, il confronto delle rose dei venti diurna e notturna individua un leggero regime di brezza nel sito in esame, con direzioni di provenienza dei venti prevalentemente da nord est di giorno e da nord ovest di notte. Le percentuali di calma di vento (velocità del vento < 0.5 m/s) sono moderate, leggermente superiori nel periodo notturno. Anche per il monitoraggio del periodo freddo si può individuare un regime di brezza giorno-notte, ma le direzioni di provenienza non sono le stesse della prima campagna. In media di giorno i venti spirano dal quadrante sudovest – sudest mentre di notte c'è una significativa prevalenza della direzione nordest, che ha una maggiore influenza sulla rosa dei venti complessiva. La differenza marcata nelle rose dei venti dei due monitoraggi può in parte attribuirsi al fatto che giorno e notte sono definiti diversamente – come durata e periodo orario – in momenti diversi dell'anno, per cui alcune ore del mattino e della sera sono alternativamente ricomprese nel periodo diurno o notturno a seconda che ci si trovi in inverno o in primavera-estate.

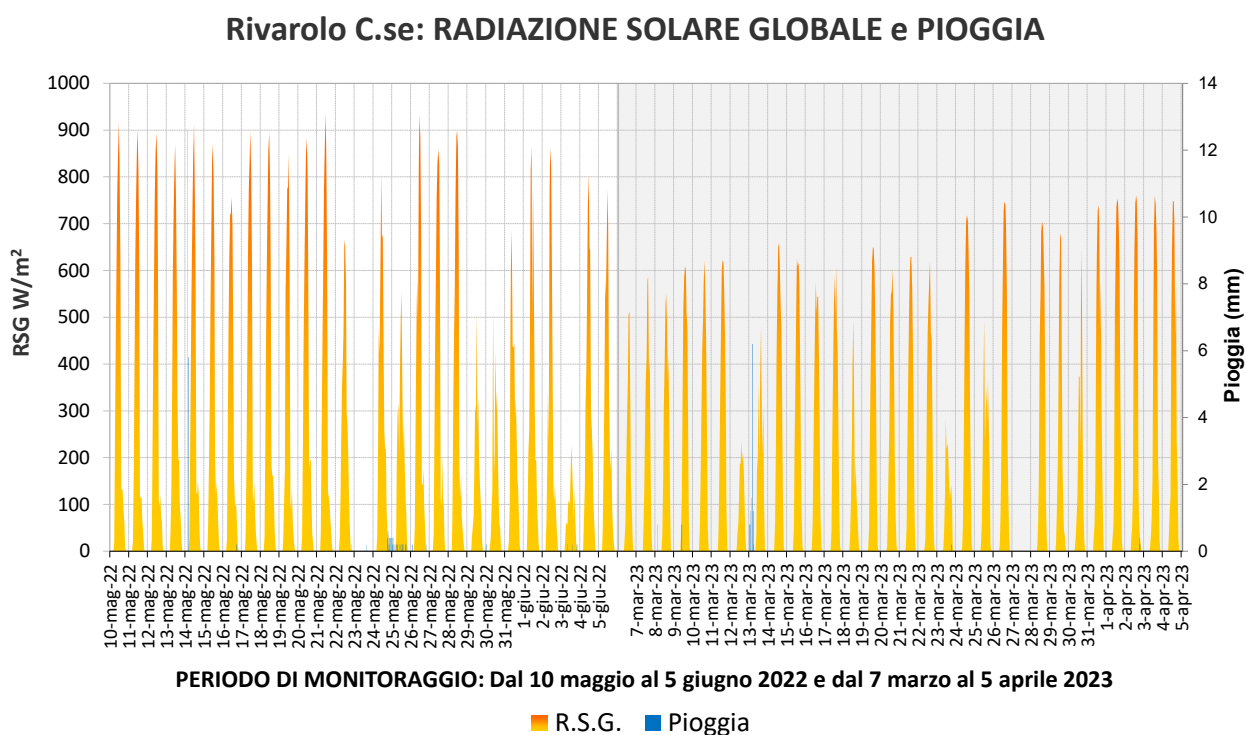


Figura 9- Andamento di pioggia e radiazione solare a Rivarolo C.se durante le due campagne di misura

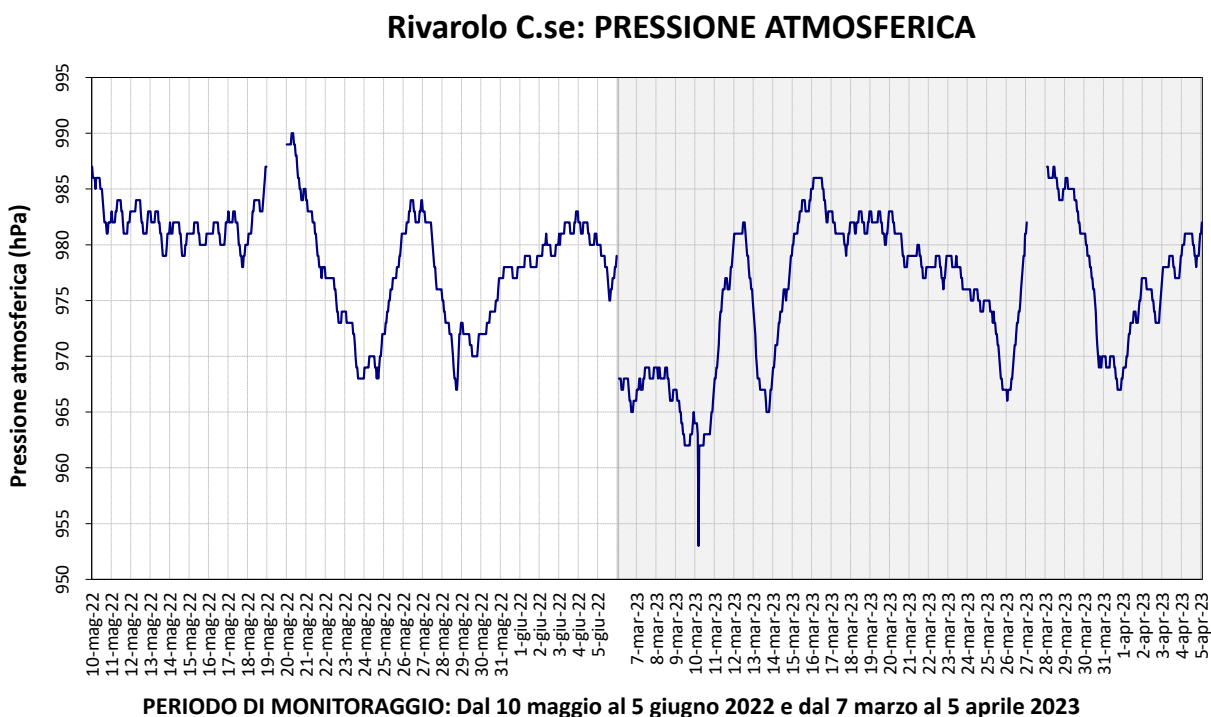


Figura 10 - Andamento della pressione atmosferica a Rivarolo C.se durante le due campagne di misura

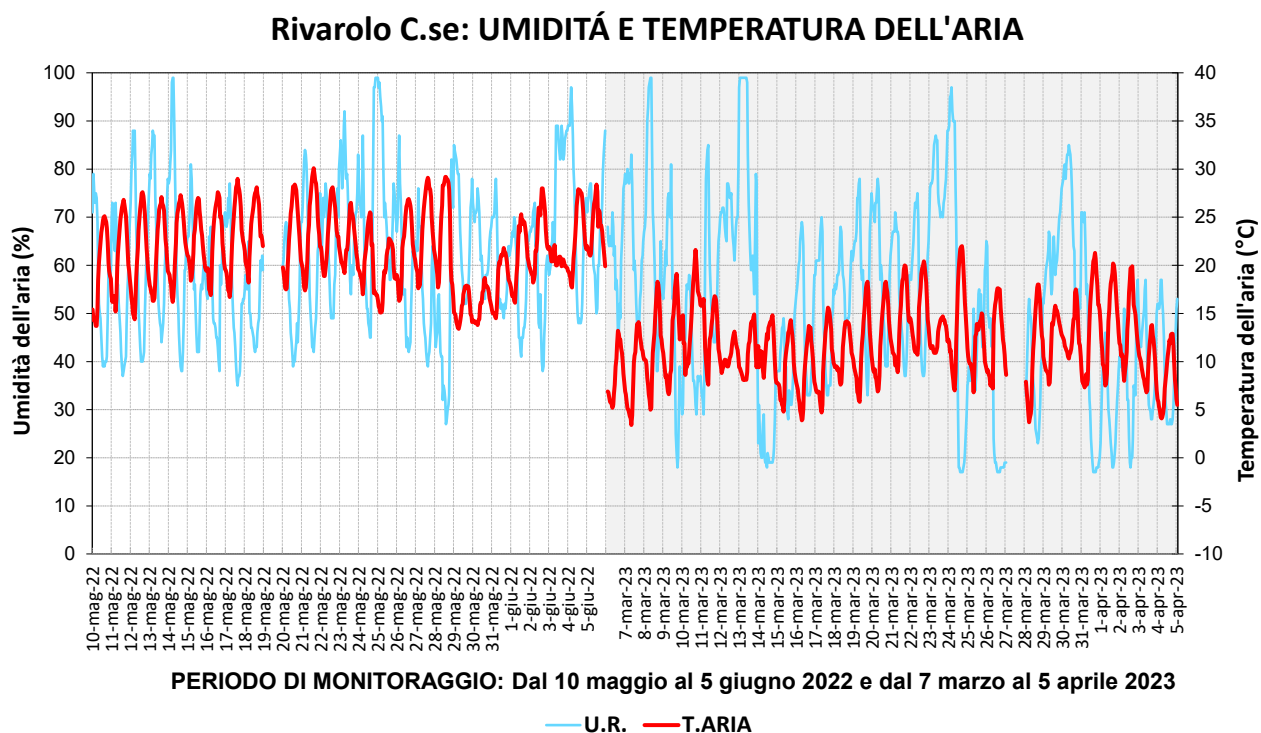


Figura 11 - Andamento di temperatura e umidità relativa a Rivarolo C.se durante le due campagne di misura

Rivarolo C.se: VELOCITA' VENTO

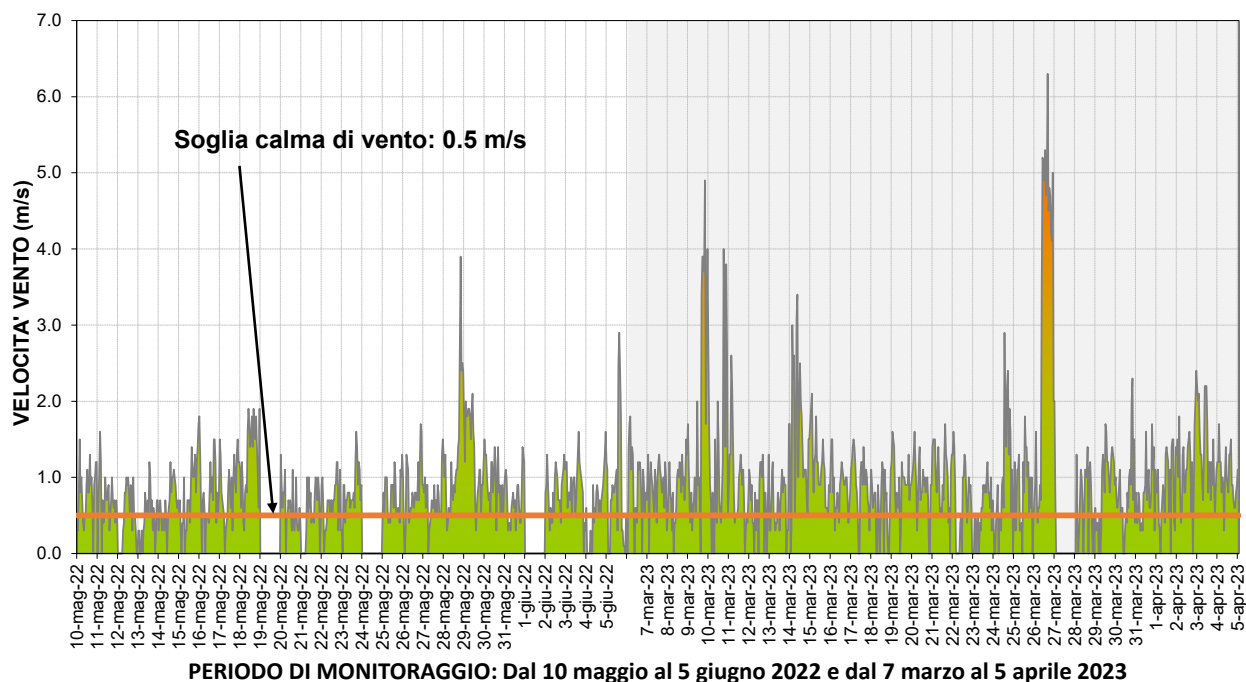


Figura 12 - Andamento della velocità del vento a Rivarolo C.se durante le due campagne di misura

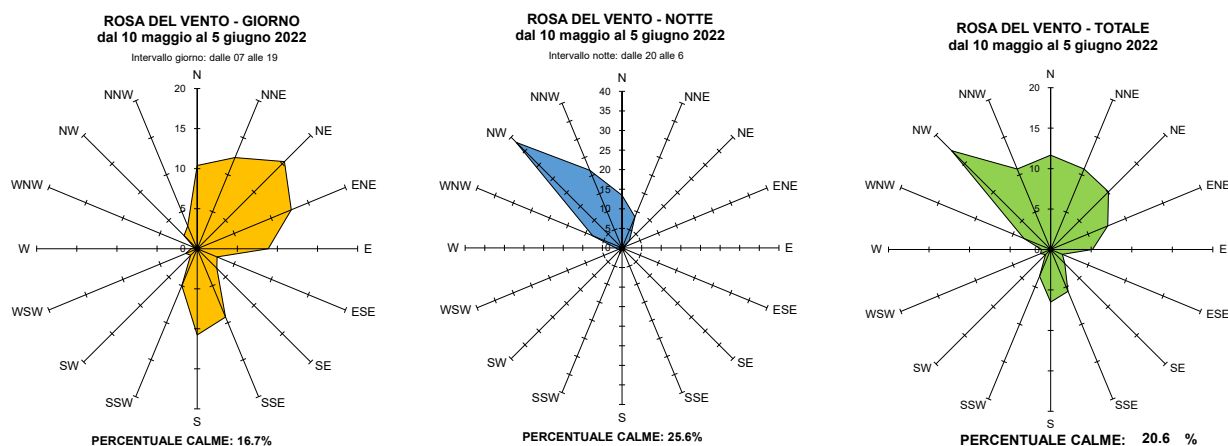


Figura 13- Rosa dei venti per il sito di misura di Rivarolo C.se – prima campagna

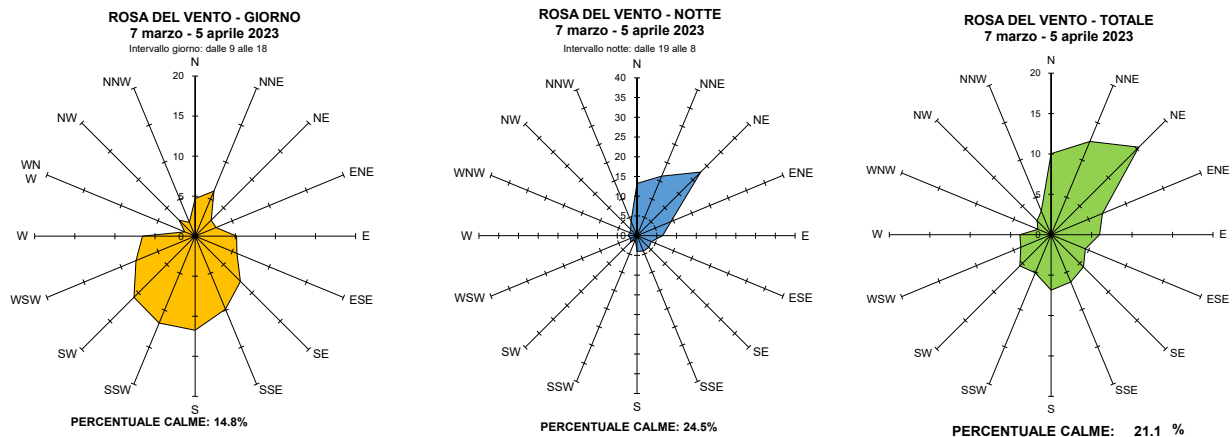


Figura 14 - Rosa dei venti per il sito di misura di Rivarolo C.se – seconda campagna

4.4 Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Rivarolo

Nelle pagine seguenti vengono riportati le elaborazioni statistiche dei dati e i superamenti dei limiti di legge relativi all'inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento. Nella Tabella 8 si riportano gli inquinanti e le loro le formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni.

Tabella 8 – Parametri chimici misurati con il laboratorio mobile

Benzene	C_6H_6	$\mu g/m^3$
Bossido di azoto	NO_2	$\mu g/m^3$
Biossido di zolfo	SO_2	$\mu g/m^3$
Monossido di azoto	NO	$\mu g/m^3$
Monossido di carbonio	CO	mg/m^3
Ozono	O_3	$\mu g/m^3$
Particolato sospeso PM_{10}	PM_{10}	$\mu g/m^3$
Toluene	$C_6H_5CH_3$	$\mu g/m^3$

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento Piemonte Nord Ovest (Attività Istituzionali di Produzione) e in rete sul sito "Aria Web" della Regione Piemonte all'indirizzo: <https://secure.regione.piemonte.it/ambiente/ariaweb/>, a disposizione per elaborazioni successive.

4.4.1 Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un **diagramma concentrazione-tempo**, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti. Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è possibile calcolare il **giorno medio**: questo si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio, il valore dell'ora 2:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 2:00 di ciascun giorno di monitoraggio della campagna. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

In questo modo è possibile non solo evidenziare in quali ore generalmente si verifichi un incremento delle concentrazioni dei vari inquinanti, ma anche fornire informazioni sulla persistenza degli stessi durante la giornata.

4.4.2 Ossidi di Azoto

Gli ossidi di azoto vengono generati da tutti i processi di combustione, qualsiasi sia il tipo di combustibile usato.

Monossido d'azoto

Il monossido di azoto rappresenta un tracciante delle attività di combustione ad alta temperatura, quali il traffico veicolare. In relazione alla sua bassa tossicità, non è preso in considerazione dalla normativa in termini di valori di riferimento per la protezione della salute, ma viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico trasformandosi in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono.

Occorre sottolineare che le emissioni dirette di ossidi di azoto dei veicoli sono principalmente costituite da monossido di azoto ma, come già accennato, il monossido in aria ambiente si trasforma parzialmente per ossidazione in biossido di azoto, per cui la quantità di quest'ultimo è maggiore di quella che sarebbe prevedibile sulla base della sola emissione diretta.

Nel sito di rilevamento con il laboratorio mobile a Rivarolo, i valori di NO sono confrontabili con quelli registrati nella stazione di Leinì e di Druento, rispettivamente stazioni di fondo suburbano e fondo rurale della rete regionale di qualità dell'aria della Città Metropolitana di Torino (Figura 15). I valori registrati a Rivarolo sono molto bassi per entrambi i periodi di monitoraggio con concentrazioni medie giornaliere molto simili, $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo caldo e $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in quello freddo. Anche i valori di picco sono bassi, la massima media oraria si registra nella seconda campagna di misura con $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (13 marzo 2023). Come si evidenzia dal grafico a Rivarolo le concentrazioni sono significativamente inferiori a quelle di una stazione di traffico urbano quale To-Consolata.

L'andamento del giorno medio (Figura 16) mostra con maggiore evidenza la differenza tra gli andamenti del periodo caldo e del periodo freddo per le tre stazioni di monitoraggio messe a confronto. L'andamento orario presenta, soprattutto nella campagna invernale, la tipica curva con due massimi giornalieri in corrispondenza dei picchi di traffico veicolare, dalle 7 alle 11 del mattino cui corrisponde il picco di concentrazione più elevato e dalle 20 alle 21. Nella campagna del 2022 (maggio-giugno) il picco serale è molto meno evidente.

Arrivo: AOO CMTO, N. Prot. 00103043 del 21/07/2023

Tabella 9 - Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Monossido di azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	I campagna caldo	II campagna freddo
Minima media giornaliera	2	2
Massima media giornaliera	5	7
Media delle medie giornaliere:	3	4
Giorni validi	26	30
Percentuale giorni validi	96%	100%
Media dei valori orari	3	4
Massima media oraria	27	32
Ore valide	628	714
Percentuale ore valide	97%	99%

INQUINANTE: NO

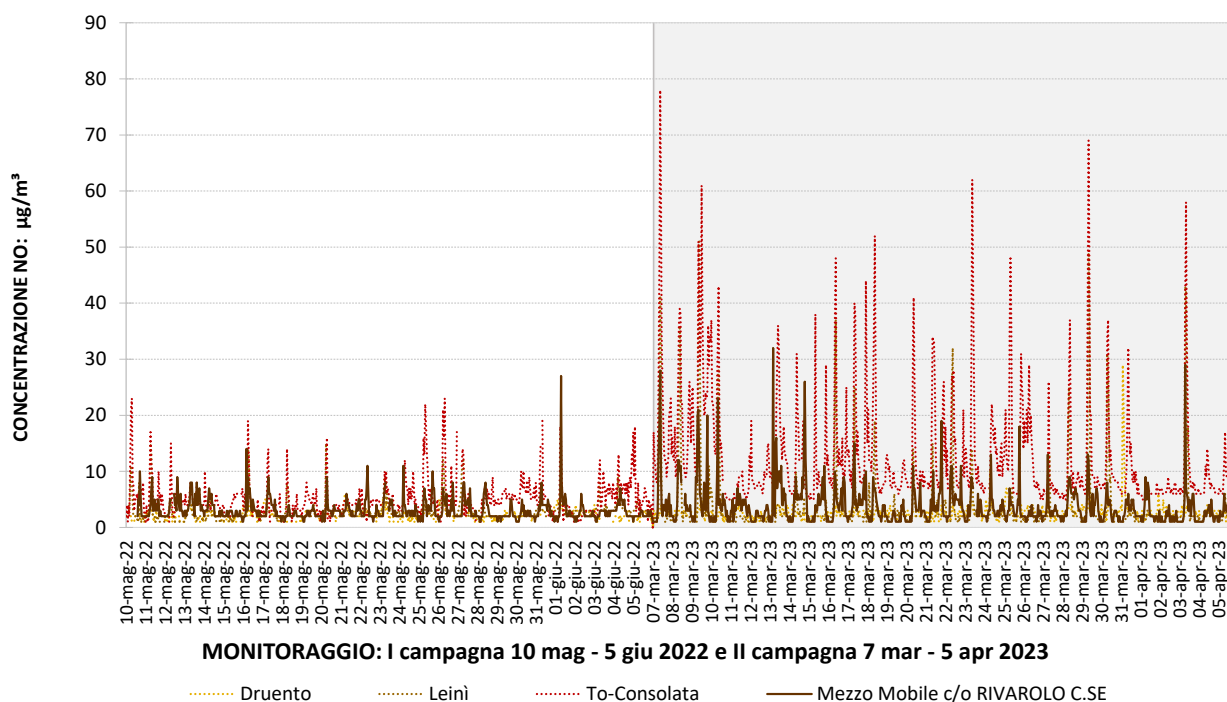


Figura 15 - NO medie orarie: confronto con alcune stazioni della rete fissa durante le campagne di misura

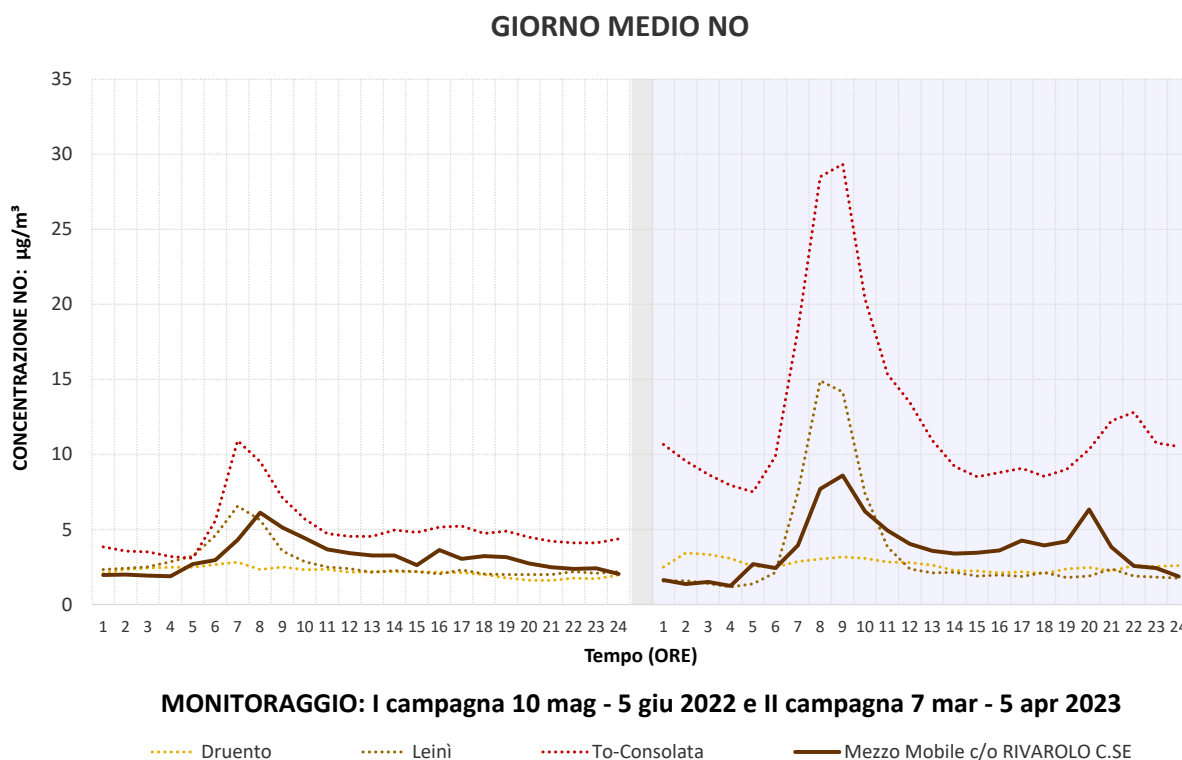


Figura 16 - NO giorno medio: confronto con alcune stazioni della rete fissa durante le campagne di misura

Biossido d'azoto

Il biossido di azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici più pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di “smog fotochimico”.

La formazione di NO_2 è piuttosto complessa. Infatti, oltre ad essere originato direttamente dal traffico veicolare, soprattutto quando si raggiungono elevate velocità e la combustione nei motori è più completa, tale inquinante ha un'importante fonte secondaria, essendo originato anche attraverso complesse reazioni fotochimiche che hanno luogo in atmosfera.

La sorgente prevalente degli ossidi di azoto, il trasporto su strada, dà luogo ad emissioni quasi costanti nel corso dell'anno; tuttavia, nel caso degli NO_x si assiste spesso ad un andamento stagionale delle concentrazioni, con valori più elevati d'inverno e decisamente più bassi d'estate. La motivazione di tale variabilità va ricercata principalmente nella diversa meteorologia stagionale, per cui, soprattutto in Pianura Padana, d'inverno si instaurano prolungati periodi di stabilità atmosferica e basso rimescolamento dell'aria che limitano la dispersione degli inquinanti e favoriscono il loro confinamento nei primi strati dell'atmosfera a contatto con il suolo.

Nel caso della campagna nel comune di Rivarolo le concentrazioni maggiori di NO_2 e NO si registrano nella seconda campagna di misura, svolta nel periodo tardo invernale del 2023 (Tabella 10 e Figura 18). Durante la campagna di monitoraggio del periodo freddo per il biossido di azoto non si sono comunque registrati superamenti del limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ né tantomeno del livello di allarme di $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$; la massima media oraria misurata nel sito di monitoraggio risulta pari a $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la media giornaliera massima supera di poco i $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 17). Durante la campagna di maggio-giugno del 2022 la media giornaliera di NO_2 è molto bassa, la massima concentrazione oraria non raggiunge i $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la massima media giornaliera è inferiore a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per l'andamento del giorno medio, di NO₂ si possono fare le stesse considerazioni già fatte per il monossido d'azoto. Nella campagna tardo invernale del 2023 le concentrazioni orarie sono mediamente più elevate di quelle del periodo caldo e sono molto più evidenti i picchi orari del mattino e della sera. I valori complessivamente sono confrontabili con le stazioni di Leini e Druento e notevolmente inferiori alla stazione di traffico urbano della città di Torino (Figura 19).

Tabella 10 – Indici statistici per NO₂ - campagna di misura primaverile-estiva 2022 a Rivarolo C.se

Biossido di azoto	I campagna caldo	II campagna freddo
Minima media giornaliera	7	8
Massima media giornaliera	19	25
Media delle medie giornaliere (b):	12	17
Giorni validi	26	28
Percentuale giorni validi	96%	93%
Media dei valori orari	12	17
Massima media oraria	36	89
Ore valide	628	669
Percentuale ore valide	97%	93%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0	0

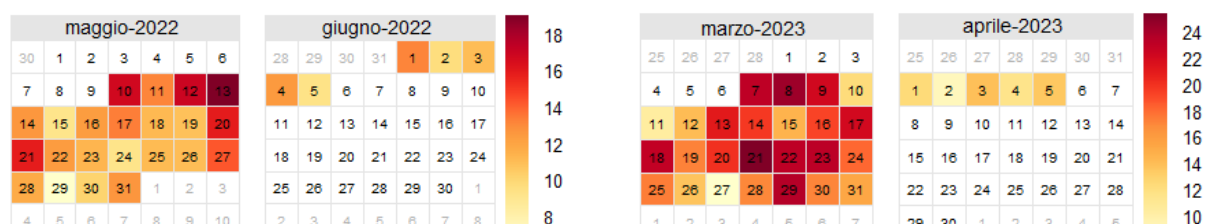


Figura 17 – Calendar plot per NO₂ durante la prima (a sinistra) e la seconda (a destra) campagna di misura a Rivarolo

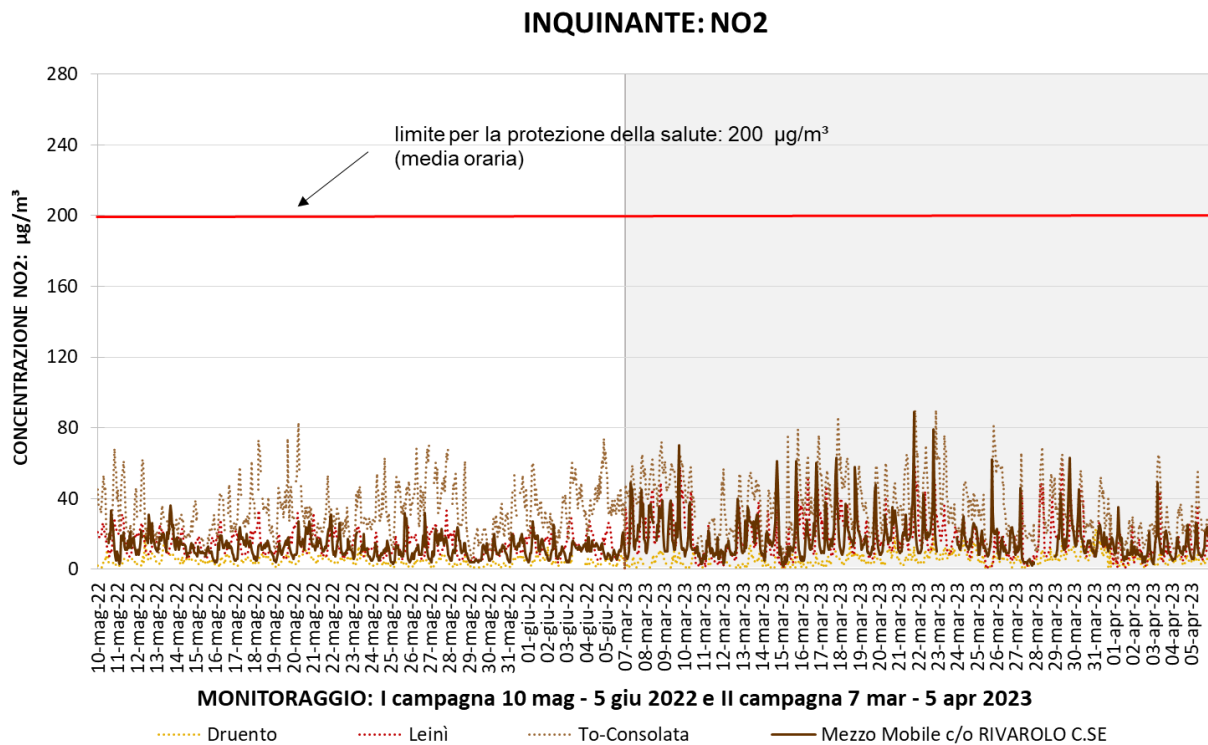


Figura 18 – NO₂ medie orarie: confronto con alcune stazioni della rete fissa durante le campagne di misura

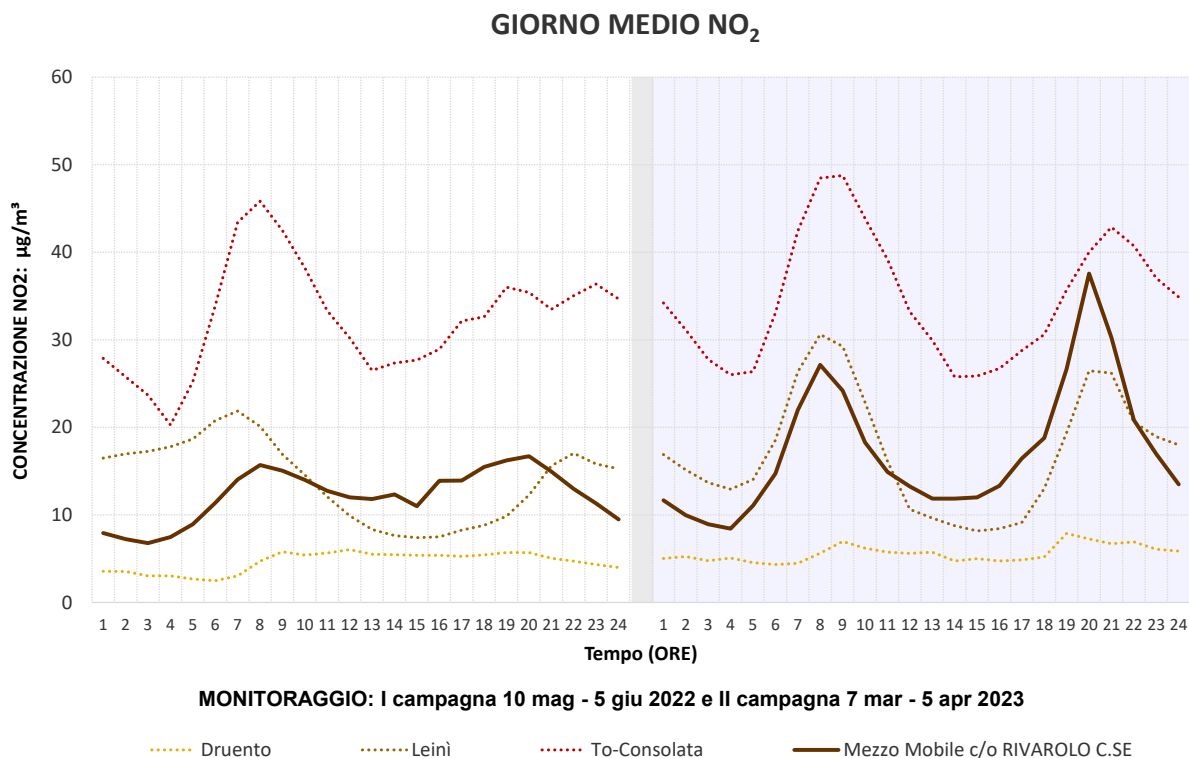


Figura 19 – NO₂ giorno medio: confronto con alcune stazioni della rete fissa durante le campagne di misura

I D.Lgs 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. Visto che la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure

effettuate. Tramite l'applicazione di una metodologia empirica si può tuttavia arrivare a stimare un valore di media annuale anche per le campagne di monitoraggio di durata inferiore a quanto richiesto dalla norma. In questo caso, dal momento che le due campagne di misura sono state svolte in anni diversi – maggio-giugno 2022 per il periodo caldo e marzo-aprile 2023 per quello freddo, si farà riferimento a un ipotetico anno solare 2022-2023, che comprende i 365 giorni tra il 1° maggio 2022 e il 30 aprile 2023.

La metodologia utilizzata prevede che si prendano in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) situate nel territorio della Città Metropolitana di Torino (nel seguito CMT) e che se ne calcolino i relativi indici statistici come mostrato in Tabella 11. Per la stazione di Rivarolo e per tutte le stazioni della rete fissa sono state calcolate le medie di concentrazione nei giorni delle due campagne di misura, singolarmente e mediando i due periodi di monitoraggio, e per ogni stazione della rete si è preso in considerazione il dato medio di concentrazione di biossido di azoto nel periodo 1°maggio 2022 – 30 aprile 2023, anno solare all'interno del quale sono state svolte entrambe le campagne di misura.

Il valore medio delle concentrazioni di NO₂ calcolato per le stazioni fisse nel periodo 2022-23 citato, è stato rapportato alla concentrazione media calcolata nelle stesse stazioni nei giorni delle due campagne svolte a Rivarolo, e, come esemplificato nel grafico di Figura 20, è stata costruita una retta di interpolazione tra i dati². Attraverso l'equazione della retta nel sito di Rivarolo è stato possibile stimare una concentrazione di NO₂ per il periodo 1°maggio 2022 – 30 aprile 2023, pari a 17 µg/m³, significativamente inferiore alla media della Città Metropolitana di Torino (23 µg/m³).

Tabella 11 – indici statistici per NO₂ per l'elaborazione della stima anno solare 2022-2023

Stazioni di misura	Media PM2.5 Prima campagna 10 mag – 5 giu 2022 [µg/m ³]	Media PM10 SECONDA campagna 7 mar – 5 apr 2023 [µg/m ³]	Media PM10 due campagna [µg/m ³]	Media PM10 mag 2022- apr 2023*
RIVAROLO C.SE	12	17	15	17
DRUENTO	5	5	5	8
SUSA	7	10	9	11
OULX	8	11	10	13
BALDISSERO	7	13	10	12
CHIERI	8	16	12	17
IVREA	13	15	14	20
LEINI	14	17	16	20
BORGARO	12	19	16	21
VINOVO	15	21	18	22
BEINASCO	16	21	19	23
TO RUBINO	14	27	21	27
ORBASSANO	18	25	21	24
SETTIMO	16	29	23	27
CARMAGNOLA	18	37	28	30
TO CONS	33	35	34	38
TO REB	38	47	43	45
Media CMT	15	22	19	23

² Il coefficiente di determinazione R² trovato - pari a 0.99 - evidenzia che la correlazione tra i valori considerati è altamente significativa

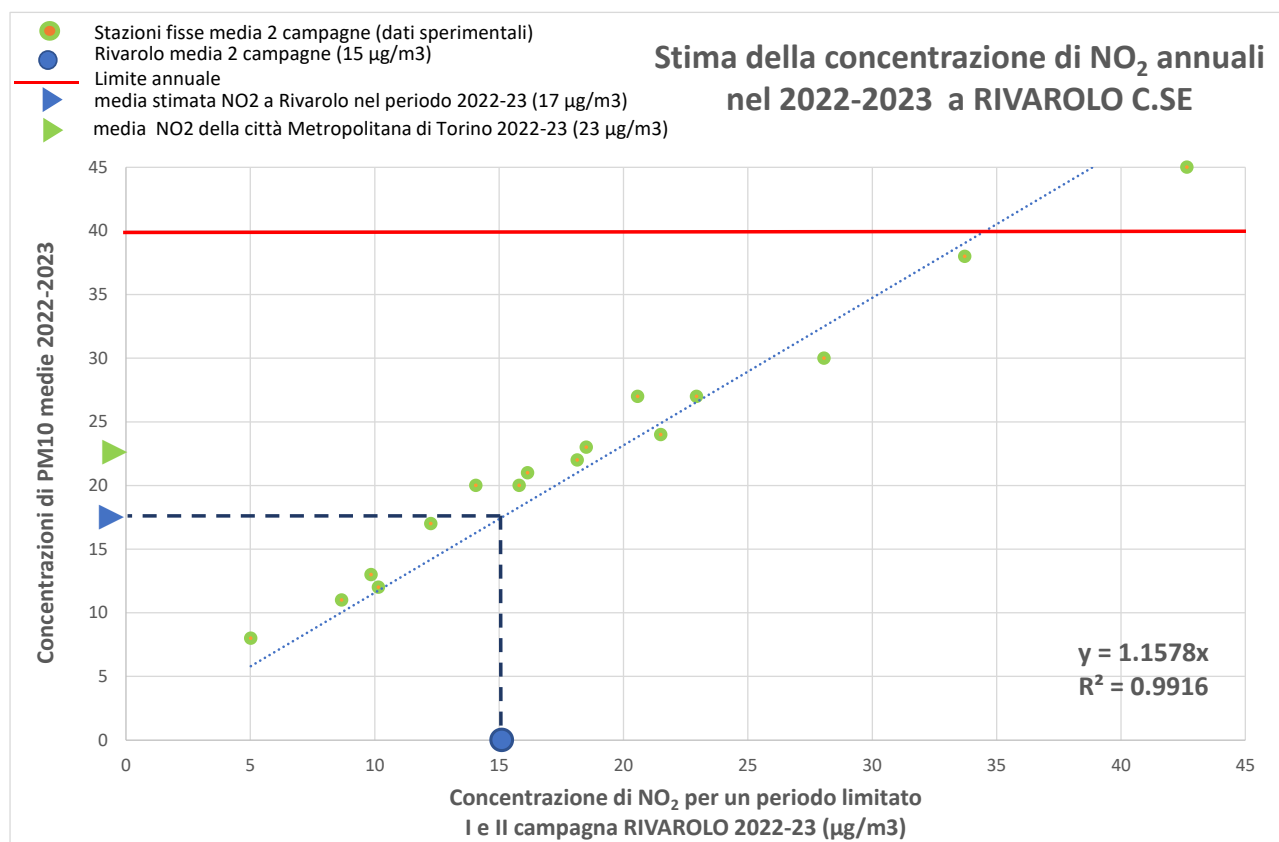


Figura 20 - Stima della concentrazione di NO₂ a Rivarolo nel periodo 1°maggio 2022 – 30 aprile 2023

4.4.3 Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m³) infatti, si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), pertanto la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia. La carbossiemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

Nell'ultimo ventennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i

valori registrati attualmente rispettano ampiamente i limiti normativi.

I dati misurati durante la campagna di Rivarolo (Tabella 12) confermano l'andamento osservato su scala regionale. La normativa prevede un limite di 10 mg/m^3 , calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore misurato nella campagna del periodo freddo – quella più critica per questo inquinante - è pari a 0.7 mg/m^3 e il massimo valore orario registrato nel periodo è 1.2 mg/m^3 .

La Figura 21, relativa alla concentrazione oraria, e la Figura 22, relativa all'andamento dei valori di CO nel giorno medio, mettono a confronto i dati di Rivarolo con quelli di alcune stazioni fisse della rete di qualità dell'aria gestita da Arpa Piemonte. Le concentrazioni di CO a Rivarolo sono molto basse ma confrontabili con quelle di Torino-Rebaudengo. Benché il dato possa sembrare inatteso occorre evidenziare che, a differenza di altri inquinanti, i valori di CO sono ormai generalmente così prossimi al limite di rilevabilità sul territorio regionale che ci sono poche differenze tra le stazioni che misurano tale inquinante. Inoltre, il sito di posizionamento del laboratorio mobile a Rivarolo può avere avuto un'influenza importante sulle concentrazioni di CO misurate. In un parcheggio pubblico non sono infatti trascurabili le emissioni primarie della combustione (tra cui CO, di chiara origine da traffico veicolare) a causa dei frequenti processi di accensione dei motori delle auto in sosta. Nel grafico di Figura 23 sull'andamento del giorno medio si evidenzia in particolare un picco serale superiore a quello registrato nella stazione urbana di Torino durante la seconda campagna di monitoraggio (marzo-aprile 2023), ma in ogni caso di entità modesta, di poco superiore a 0.5 mg/m^3 .

Tabella 12 – Indici statistici per CO – campagna di misura primaverile-estiva a Rivarolo C.se

Monossido di carbonio (mg/m^3)	I campagna caldo	II campagna freddo
Minima media giornaliera	0.3	0.2
Massima media giornaliera	0.5	0.6
Media delle medie giornaliere (b):	0.4	0.3
Giorni validi	24	26
Percentuale giorni validi	89%	87%
Media dei valori orari	0.4	0.3
Massima media oraria	0.8	1.2
Ore valide	580	618
Percentuale ore valide	90%	86%
Minimo medie 8 ore	0.2	0.1
Media delle medie 8 ore	0.4	0.4
Massimo medie 8 ore	0.6	0.7
Percentuale medie 8 ore valide	87%	85%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0	0

INQUINANTE: CO
superamenti protezione salute

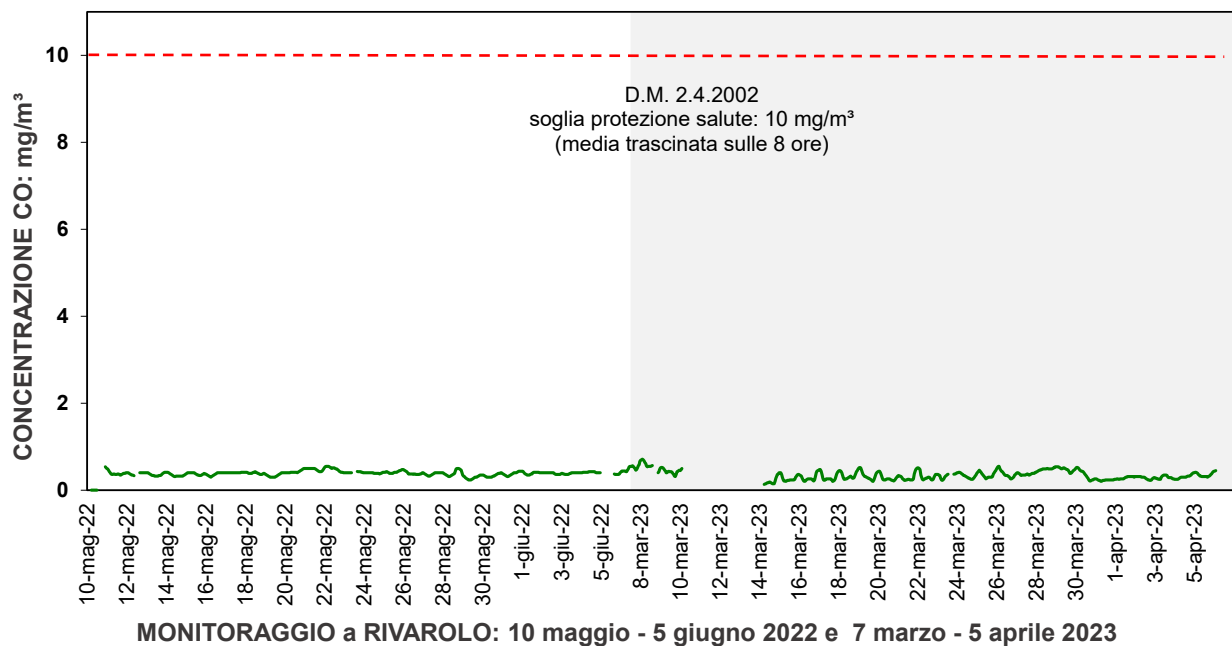


Figura 21 - CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore) durante le campagne di misura

INQUINANTE: CO

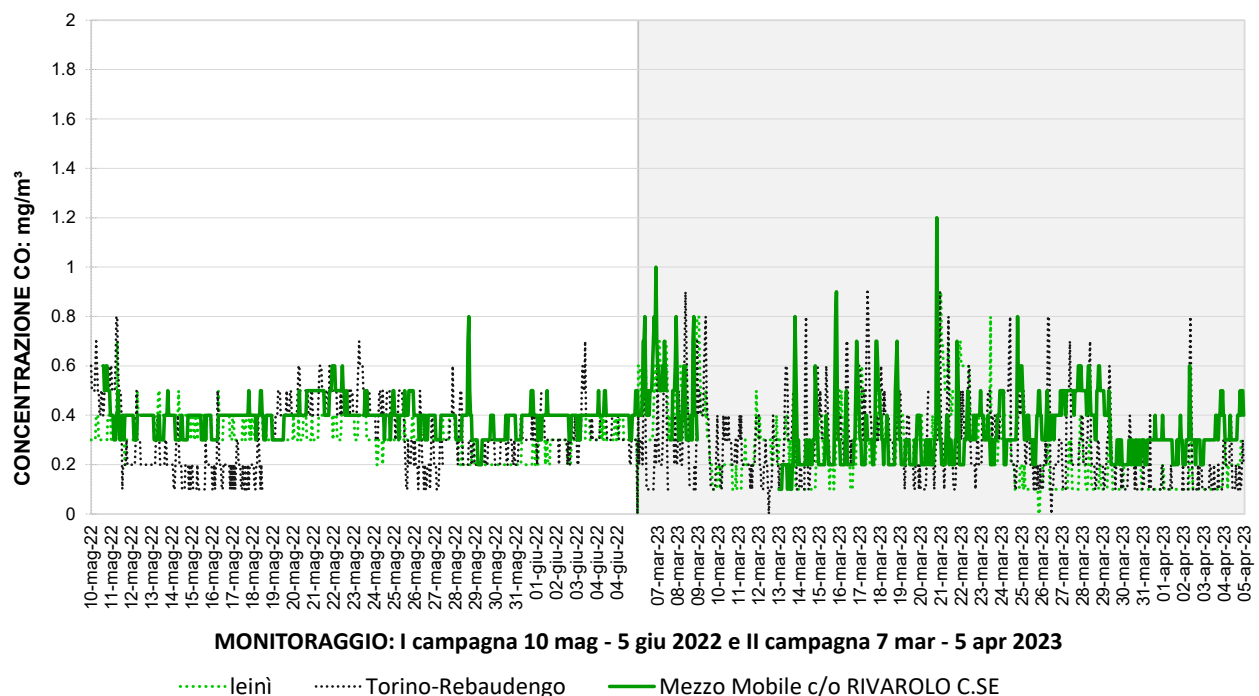


Figura 22 – CO medie orarie: confronto con alcune stazioni della rete fissa durante le campagne di misura

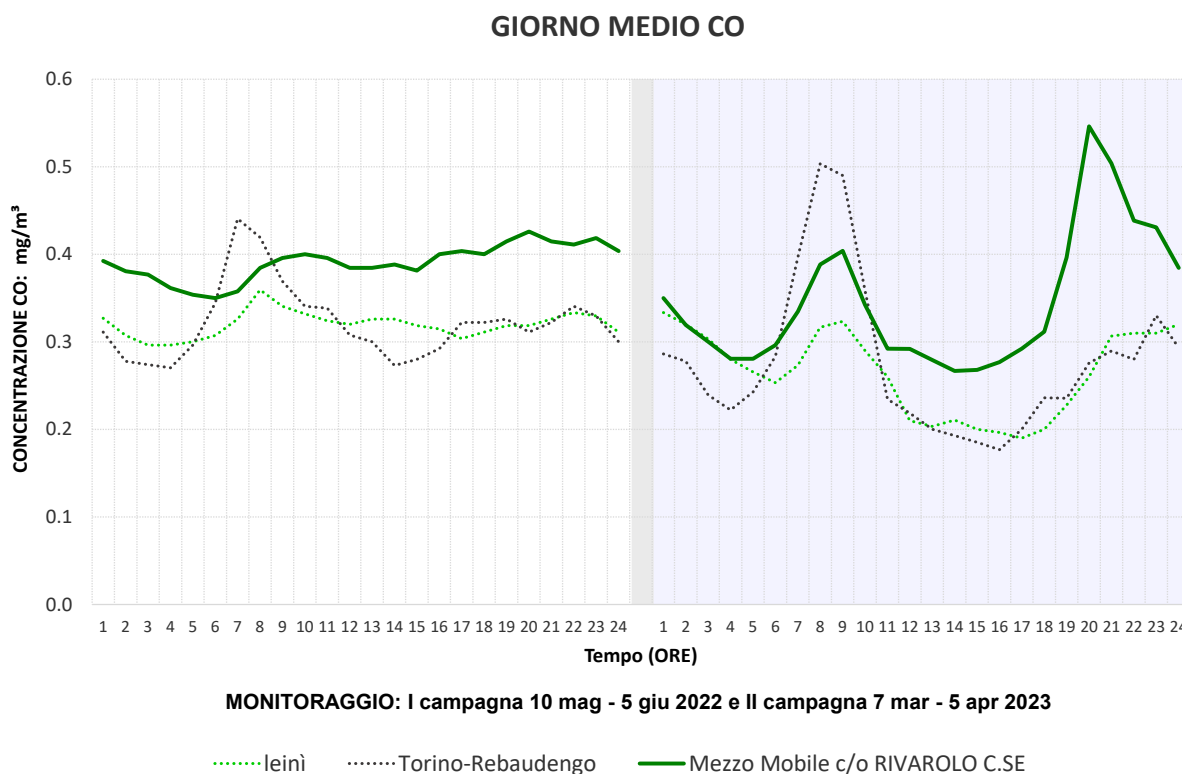


Figura 23 – CO giorno medio: confronto con alcune stazioni della rete fissa durante le campagne di misura

Si può serenamente concludere che questo parametro non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per il miglioramento dei motori degli autoveicoli, l'introduzione delle marmitte catalitiche e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di CO sono sempre molto al di sotto dei limiti. Tali risultati positivi si osservano anche a livello provinciale dai dati ottenuti con le centraline fisse di monitoraggio.

4.4.4 Benzene e Toluene

Il benzene presente in atmosfera viene prodotto dall'attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina; stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, H350;
- dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo) ;

- dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule. Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Una esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

Durante le campagne di monitoraggio nel Comune di Rivarolo è stata determinata una concentrazione media di benzene di $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo caldo e di $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo freddo (Tabella 13).

Tabella 13: Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Indici statistici per Benzene e Toluene - campagna di misura primaverile-estiva a Rivarolo C.se

Rivarolo C.se	Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	I campagna	II campagna	I campagna	II campagna
Minima media giornaliera	0.2	0.3	0.7	0.8
Massima media giornaliera	0.6	1.2	2.9	3.1
Media delle medie giornaliere:	0.4	0.7	1.6	1.8
Giorni validi	26	28	26	24
Percentuale giorni validi	96%	93%	96%	80%
Media dei valori orari	0.4	0.7	1.6	1.8
Massima media oraria	1.2	3.8	8.7	16.5
Ore valide	612	668	612	575
Percentuale ore valide	94%	93%	94%	80%

Benché esista solo un limite di legge annuale per questo inquinante, a titolo puramente informativo sono stati comunque confrontati l'andamento orario e il giorno medio del benzene con quello di altre stazioni della rete (Figura 24 e Figura 25). Durante la campagna di maggio-giugno 2022, i valori misurati a Rivarolo sono simili a quelli delle altre stazioni considerate; nella seconda campagna di misura i massimi orari sono confrontabili con la stazione di Borgaro situata a circa 20 km di distanza in direzione sudovest. Anche nel caso del benzene si rileva un picco serale nell'elaborazione del giorno medio della campagna di marzo-aprile 2023. Essendo il benzene un inquinante primario emesso dalle auto alimentate a benzina, possono valere le considerazioni fatte per il CO sul sito di posizionamento del laboratorio mobile.

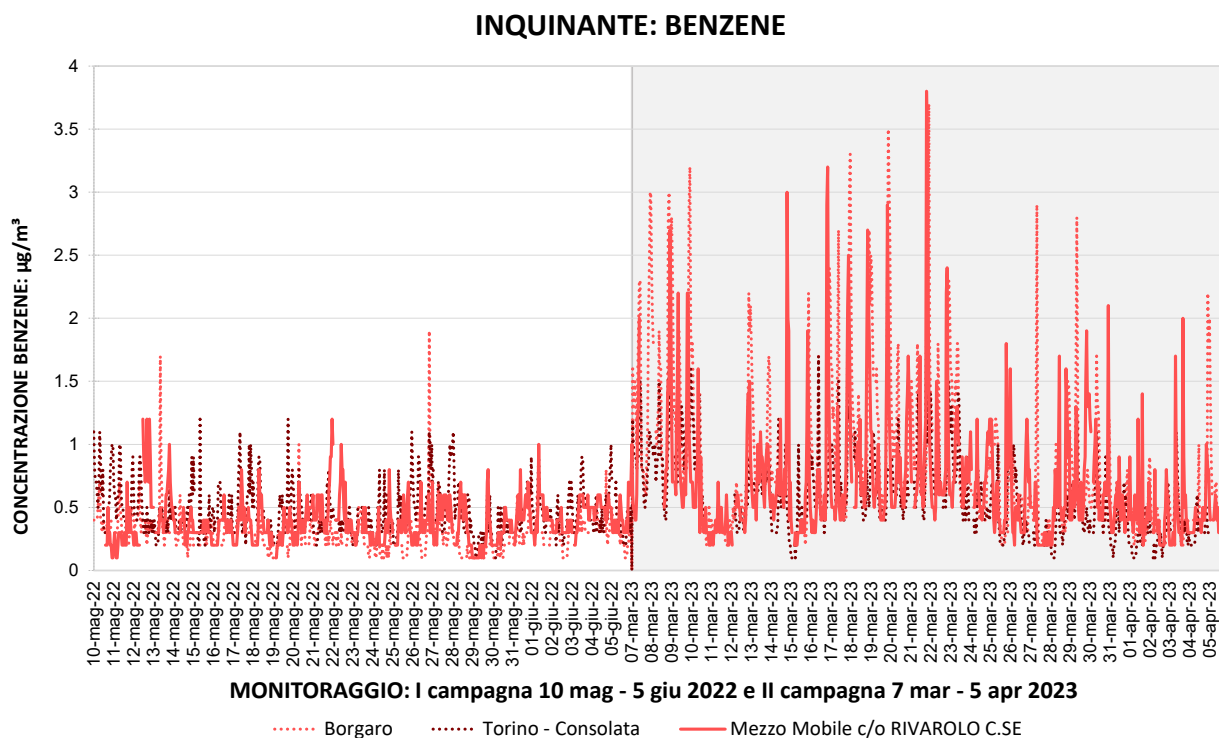


Figura 24 – Benzene medie orarie: confronto con alcune stazioni della rete fissa durante le campagne di misura

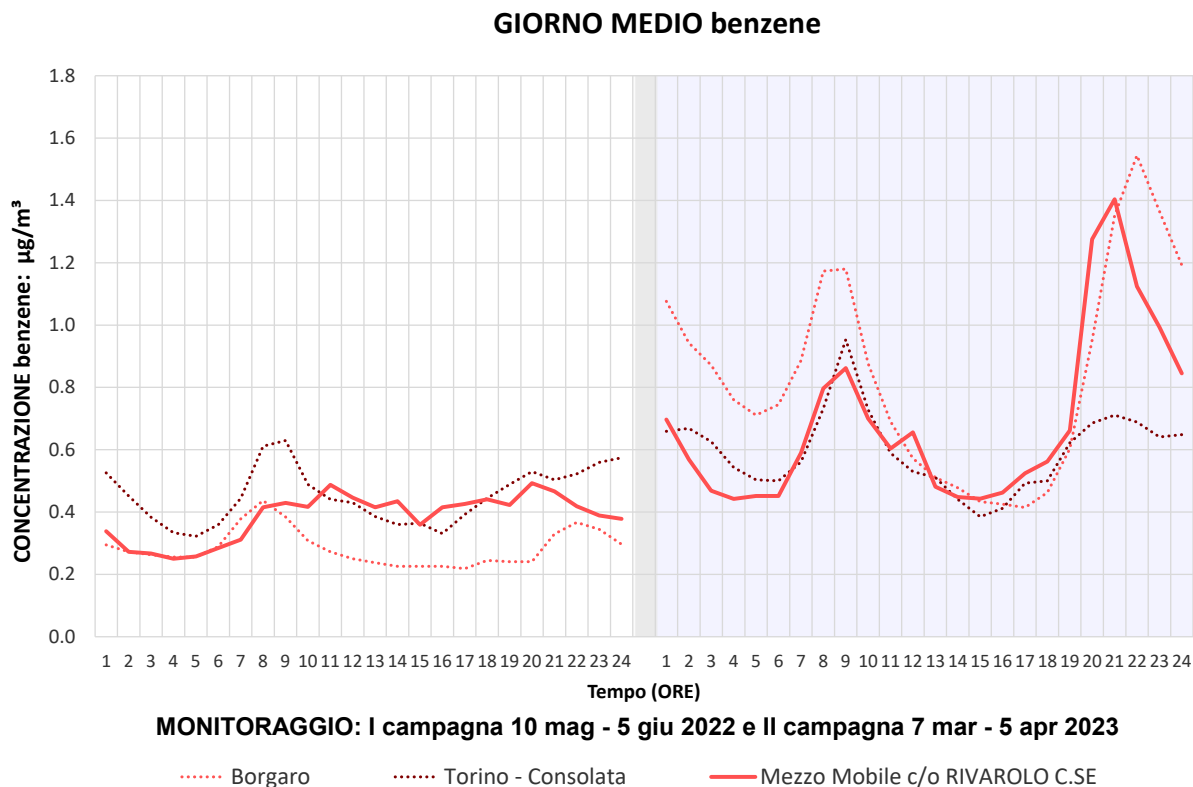


Figura 25 – Benzene giorno medio: confronto con alcune stazioni della rete fissa durante le campagne di misura

Poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo (un anno), non è possibile calcolare direttamente una media annuale per il benzene a Rivarolo C.se. Si può però fare lo stesso ragionamento fatto per NO₂ tramite l'applicazione della stessa metodologia empirica per arrivare a stimare un valore di media annuale anche per il benzene a Rivarolo. In questo caso, dal momento che le due campagne di misura sono state svolte in anni diversi – maggio-giugno 2022 per il periodo caldo e marzo-aprile 2023 per quello freddo, si farà riferimento a un anno solare 2022-2023, che comprende i 365 giorni tra il 1° maggio 2022 e il 30 aprile 2023.

La metodologia utilizzata prevede che si prendano in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) situate nel territorio della Città Metropolitana di Torino (CMT) e che se ne calcolino i relativi indici statistici come mostrato in Tabella 14. Per la stazione di Rivarolo e per tutte le stazioni della rete fissa sono state calcolate le medie di concentrazione nei giorni delle due campagne di misura, singolarmente e mediando i due periodi di monitoraggio, e per ogni stazione della rete si è preso in considerazione il dato medio di concentrazione di biossido di azoto nel periodo 1°maggio 2022 – 30 aprile 2023, anno solare all'interno del quale sono state svolte entrambe le campagne di misura.

Il valore medio delle concentrazioni di benzene calcolato per le stazioni fisse nel periodo 2022-23 citato, è stato rapportato alla concentrazione media calcolata nelle stesse stazioni nei giorni delle due campagne svolte a Rivarolo, e, come esemplificato nel grafico di Figura 26, è stata costruita una retta di interpolazione tra i dati³. Attraverso l'equazione della retta è stato possibile stimare nel sito di Rivarolo una concentrazione di benzene per il periodo 1°maggio 2022 – 30 aprile 2023, pari a 1 µg/m³, uguale alla media della Città Metropolitana di Torino e significativamente inferiore al valore limite annuale di 5 µg/m³.

Tabella 14 - indici statistici per l'elaborazione della stima di benzene per l'anno solare 2022-2023

Stazioni di misura	Media PM2.5 Prima campagna 10 mag – 5 giu 2022 [µg/m ³]	Media PM10 SECONDA campagna 7 mar – 5 apr 2023 [µg/m ³]	Media PM10 due campagne [µg/m ³]	Media PM10 mag 2022- apr 2023*
RIVAROLO C.SE	0.4	0.7	0.6	1.0
BEINASCO	0.3	0.7	0.5	0.8
BORGARO	0.3	0.8	0.6	1.0
SETTIMO	0.2	0.7	0.5	0.9
TO-CONSOLATA	0.5	0.6	0.5	0.9
TO-LINGOTTO	0.3	0.6	0.4	1.0
TO-REBAUDENGO	0.4	1.2	0.8	1.4
TO-RUBINO	0.3	0.6	0.4	0.8
VINOVO	0.2	0.5	0.3	0.8
Media CMT	0.3	0.7	0.5	1.0

³ Il coefficiente di determinazione R² trovato - pari a 0.98 - evidenzia che la correlazione tra i valori considerati è altamente significativa

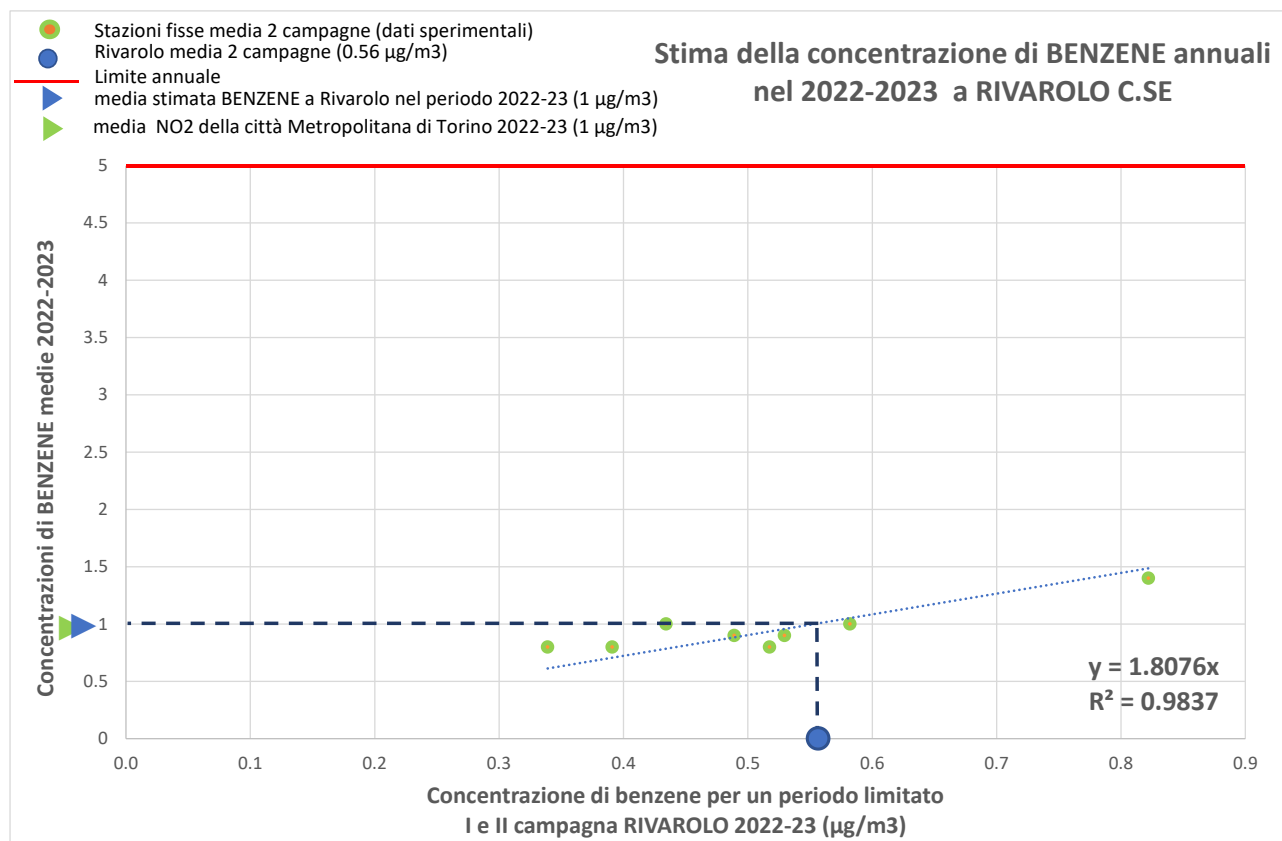


Figura 26 - Stima della concentrazione di benzene a Rivarolo nel periodo 1°maggio 2022 – 30 aprile 2023

Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida del 2000 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) consigliano un valore guida di 260 µg/m³ come media settimanale.

Gli effetti del toluene sono stati studiati soprattutto in relazione all'esposizione lavorativa e sono stati dimostrati casi di disfunzioni del sistema nervoso centrale, ritardi nello sviluppo e anomalie congenite, oltre a sbilanci ormonali in donne e uomini.

Nel sito di Rivarolo la concentrazione media di toluene (Tabella 13) nel periodo caldo è stata di 1.6 µg/m³, la massima media oraria non ha superato i 10 µg/m³, il valore guida individuato dall'OMS verrebbe quindi sicuramente rispettato. I valori di toluene durante la campagna svolta nel periodo freddo (marzo-aprile 2023) sono leggermente più elevati, 1.8 µg/m³ il valore medio, 16.5 µg/m³ la massima media oraria, ma anche in questo caso si tratta di valori molto lontani da quello che l'OMS consiglia di non superare.

Nella Figura 27 è riportato l'andamento giornaliero di toluene a Rivarolo, Borgaro e Torino-Consolata. I valori registrati nel sito della campagna di misura sono in genere confrontabili con la stazione di Borgaro e inferiori alla stazione urbana della città di Torino. Anche nell'elaborazione del giorno medio si evidenzia lo stesso tipo di andamento di confronto (Figura 28).

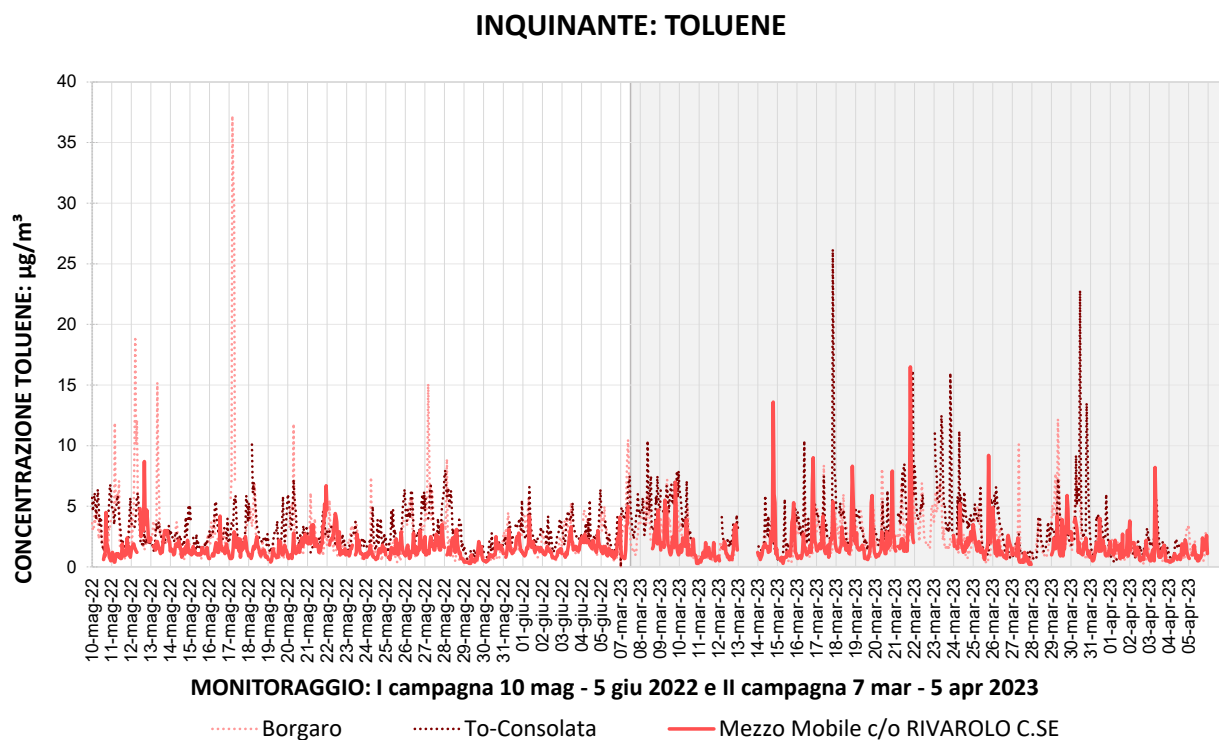


Figura 27 - Toluene medie orarie: confronto con alcune stazioni della rete fissa durante le campagne di misura

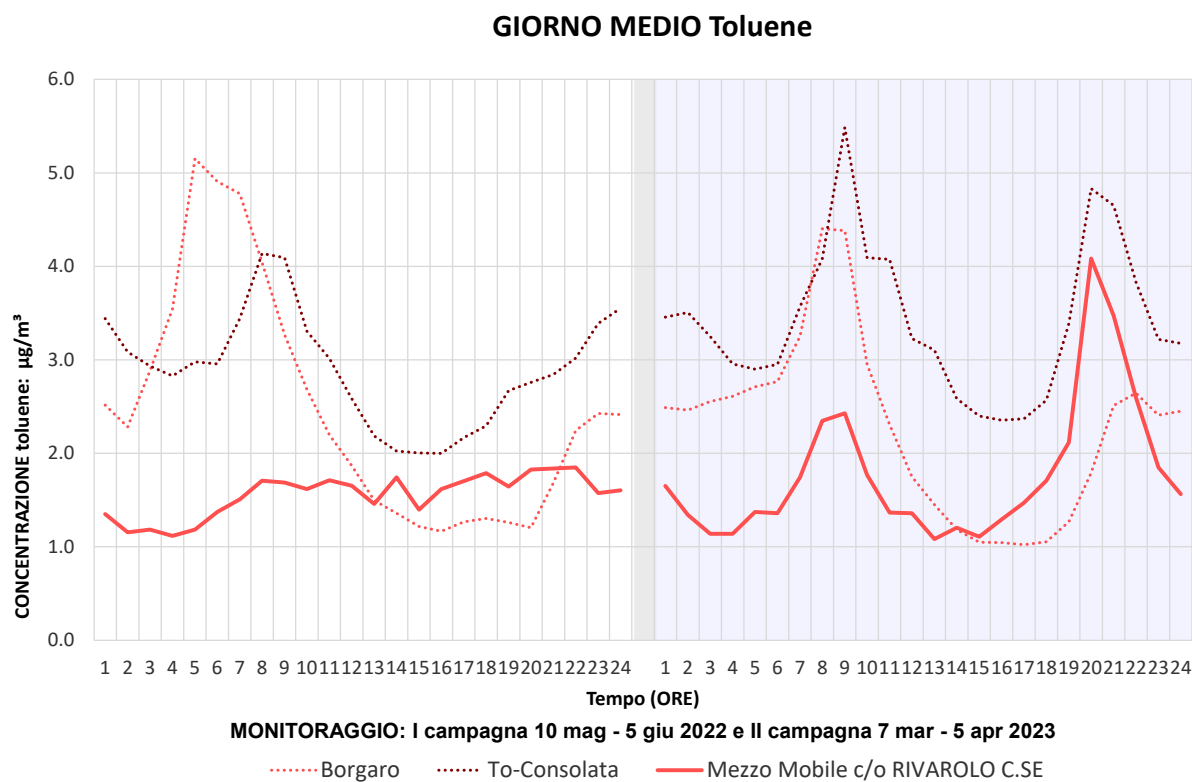


Figura 28 – Toluene giorno medio: confronto con alcune stazioni della rete fissa durante le campagne di misura

4.4.5 Particolato Sospeso PM10 e PM2.5

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, degli pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel. Un contributo significativo alle concentrazioni di particolato è inoltre dato da fenomeni secondari di trasformazione in particelle di inquinanti originariamente emessi in forma gassosa.

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti, le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di polveri nell'aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciate negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma a partire dal DM 60/2002 ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM10 cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm , più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi e mettere inoltre a contatto l'apparato respiratorio con sostanze ad elevata tossicità adsorbite sul particolato stesso.

Inoltre, il DLgs 155/2010 ha introdotto, come descritto nel capitolo relativo alla normativa, un valore limite e un valore obiettivo annuale anche per il PM2.5 (particolato con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 μm).

PM10

Innanzitutto si deve far osservare che la campagna di misura del periodo caldo (maggio-giugno 2022) non è sufficientemente rappresentativa per il PM10 poiché, per un problema tecnico, si hanno a disposizione solo 15 giorni di dati su 27 giorni di campionamento. Gli indici statistici riportati in Tabella 15 hanno quindi un puro valore indicativo. D'altronde il periodo caldo è quello meno critico per questo inquinante quindi si può ragionevolmente ipotizzare che anche il monitoraggio fosse stato completo non ci sarebbero stati superamenti del valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La campagna del periodo freddo (marzo-aprile 2023) è stata invece completa, con una percentuale di dati validi pari al 93% per il PM10. Anche in questo caso non ci sono stati superamenti del limite giornaliero, ma va considerato che la campagna si è svolta sul finire del periodo invernale quando, a meno di eventi particolari i superamenti sono in genere molto limitati.

Poche considerazioni si possono fare sulla prima campagna di misura, ma in merito alla seconda campagna si può vedere dal grafico di Figura 29 l'evidente influenza della meteorologia sulle concentrazioni di polveri atmosferiche: in seguito a giornate ventose – ad esempio il 10 e l'11 marzo 2023 – o a eventi piovosi – 13 e 14 marzo 2023, le concentrazioni di PM10 si riducono notevolmente.

Il grafico di Figura 30 presenta il confronto tra l'andamento del PM10 a Rivarolo e le stazioni della rete regionale della Città Metropolitana di Torino. Il grafico mette in evidenza i valori massimi, minimi e medi della città Metropolitana di Torino nei due periodi di misura indagati: l'andamento del PM10 a Rivarolo è completamente in linea con la media provinciale e non ne raggiunge mai i valori massimi.

Arrivo: AOO CMTO, N. Prot. 00103043 del 21/07/2023

Tabella 15 – Indici statistici per il PM10 - campagna di misura primaverile-estiva a Rivarolo C.se

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	I campagna caldo	II campagna freddo
Minima media giornaliera	12	5
Massima media giornaliera	28	42
Media delle medie giornaliere (b):	21	21
Giorni validi	15	28
Percentuale giorni validi	56%	93%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	0	0

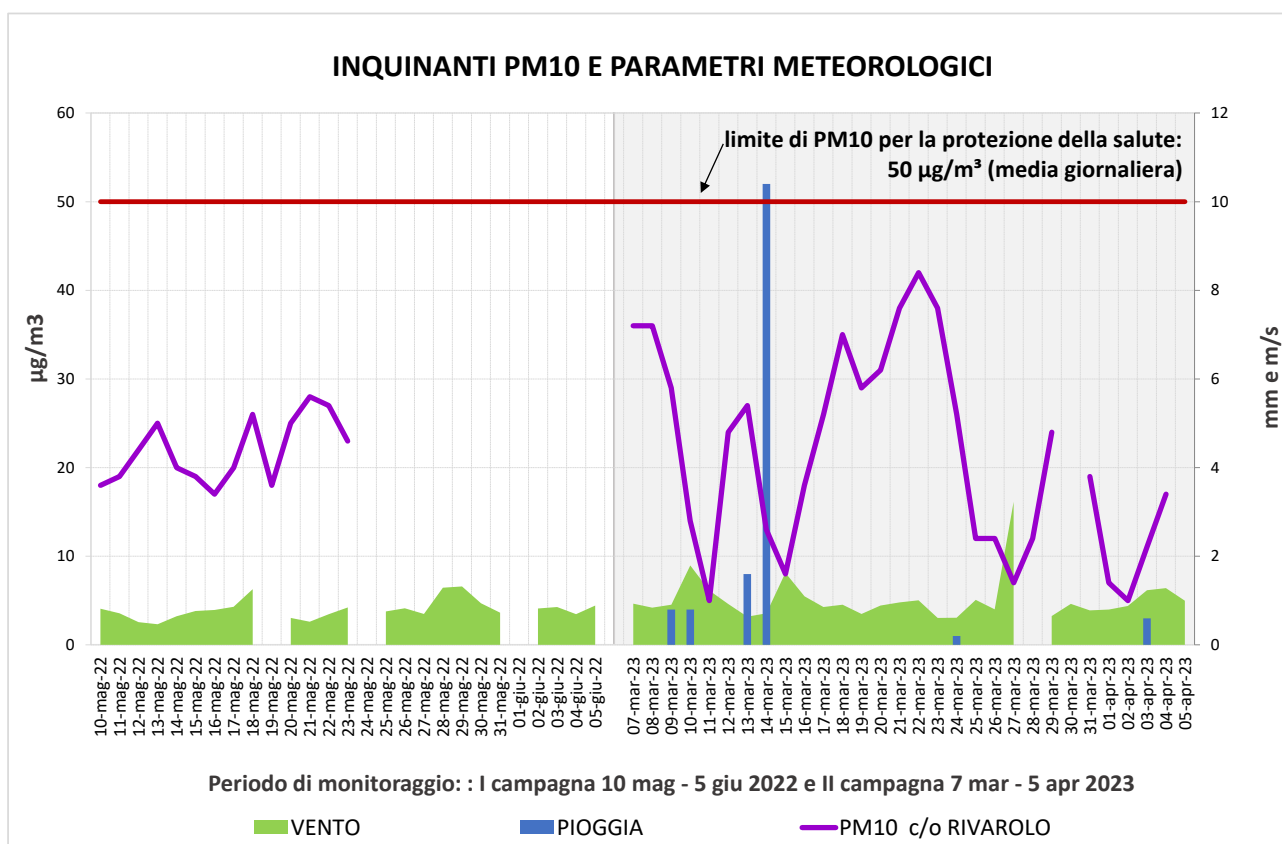


Figura 29 – PM10 confronto con il limite giornaliero e con i principali parametri meteo durante le campagne di misura

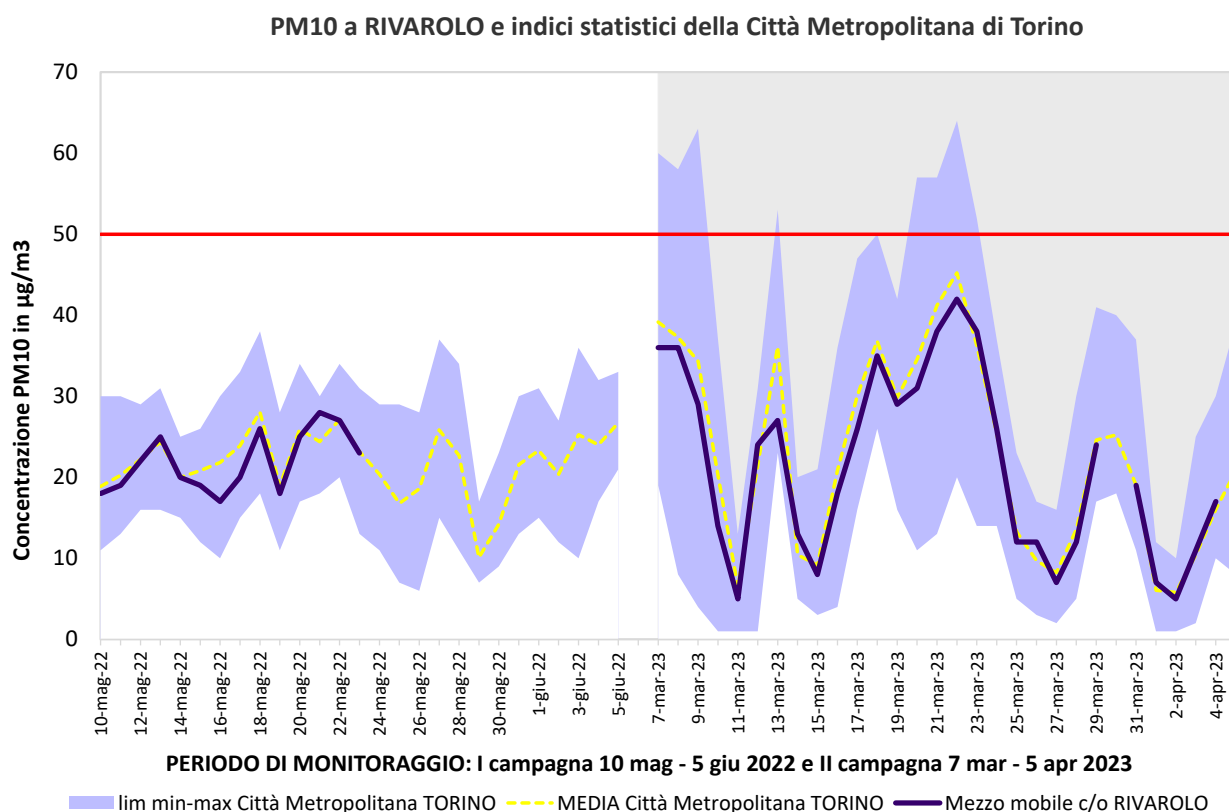


Figura 30 - PM10: confronto gli indici statistici della rete delle stazioni fisse della CMT

Il D.Lgs 155/2010 prevede per le polveri PM10 un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche in questo caso la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo e non è possibile quindi un confronto diretto con le misure effettuate. Tuttavia, per arrivare a stimare un dato di concentrazione annuale di PM10 per il sito di Rivarolo si può fare riferimento ai dati della Rete Regionale di Qualità dell'Aria della CMT e utilizzare la stessa metodologia statistica applicata ai dati di NO_2 e benzene. Sono state prese in considerazione le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria presenti sul territorio della Città Metropolitana di Torino e sono stati rapportati i valori di concentrazione del PM10 come media del periodo 1° maggio 2022 – 30 aprile 2023 (anno solare all'interno del quale si sono svolti i due monitoraggi a Rivarolo), alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne di misura svolte, ed è stata costruita la retta di interpolazione di Figura 31. Il coefficiente di determinazione R^2 trovato, evidenzia che la correlazione tra i dati è altamente significativa. La metodologia esposta ha permesso di stimare per Rivarolo una concentrazione media annuale, riferita all'anno solare 2022-2023 pari a $24.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore praticamente coincidente con quello della media CMT (25.4) e, cosa più importante, notevolmente inferiore al limite annuale individuato dalla normativa di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 16 - indici statistici per l'elaborazione della stima di PM10 per l'anno solare 2022-2023

Stazioni di misura	Media PM2.5 Prima campagna 10 mag – 5 giu 2022 [µg/m3]	Media PM10 SECONDA campagna 7 mar – 5 apr 2023 [µg/m3]	Media PM10 due campagne [µg/m3]	Media PM10 mag 2022- apr 2023*
RIVAROLO C.SE	21	21	21	24.6
Ceresole	15	12	14	10
Baldissero	15	16	15	15
Druento	17	17	17	19
Pinerolo	17	17	17	18
Susa	20	16	18	17
Lingotto Bv	17	21	20	26
Ivrea	19	21	20	24
Leini	18	23	21	23
Beinasco	22	21	21	26
Oulx	24	19	22	18
Chieri	24	23	23	28
Rubino	23	25	24	27
Borgaro	26	25	25	29
Consolata	23	29	26	33
Settimo	25	29	27	32
Rebaudengo	26	31	29	35
Carmagnola	27	33	29	35
Grassi	26	36	32	35
Collegno	28	28	28	32
Media CMT	21.7	23.4	22.6	25.4

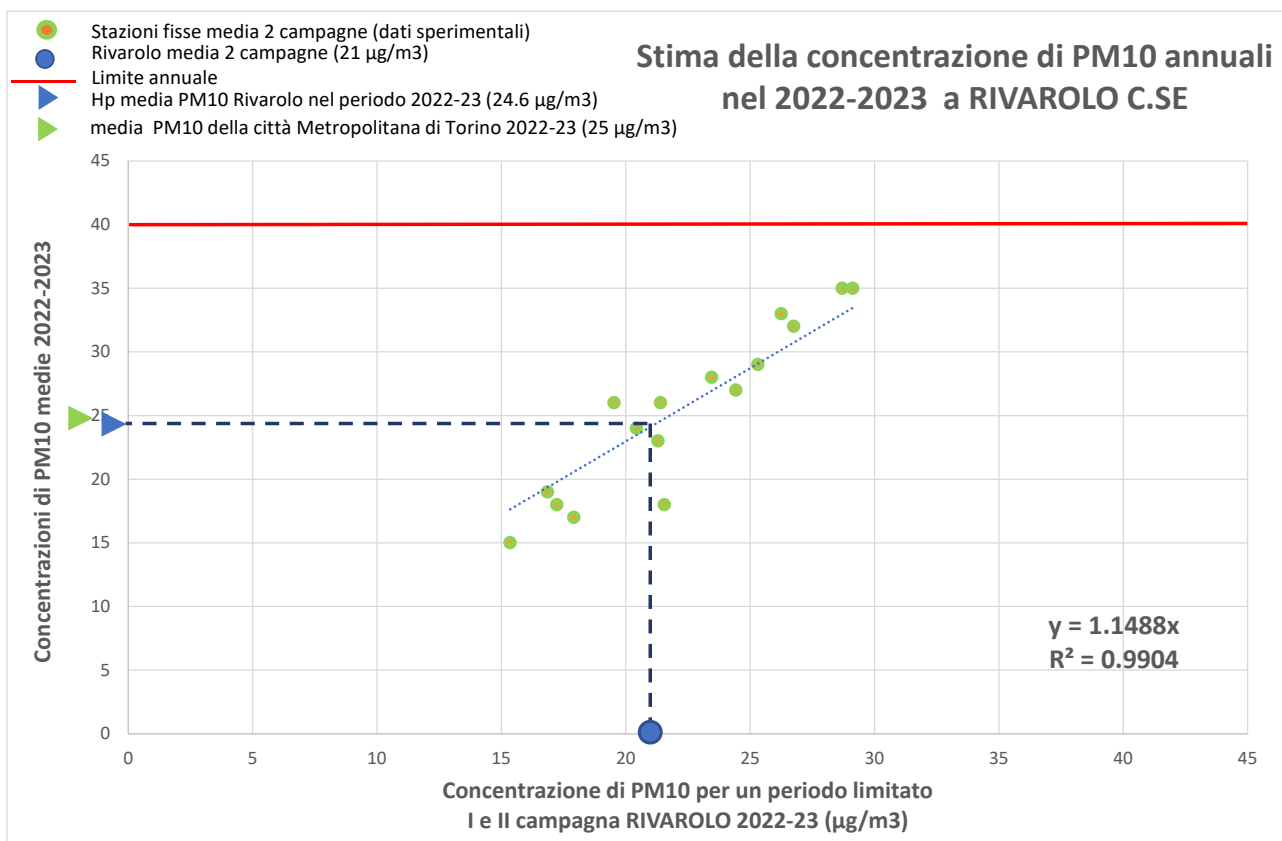


Figura 31 - Stima della concentrazione di PM10 a Rivarolo nel periodo 1°maggio 2022 – 30 aprile 2023

PM2.5

In entrambe le campagne di misura il parametro PM2.5 segue, come l'andamento temporale dei valori medi di concentrazione giornaliera del PM10 (Figura 32). Il valore medio della campagna di misura sia del periodo caldo sia di quello freddo è pari a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, circa la metà del valore medio di PM10. Nel caso del PM2.5, a differenza del PM10, entrambi i periodi analizzati presentano una buona percentuale di dati validi.

Tabella 17– Indici statistici per il PM2.5 durante le due campagne di misura

PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	I campagna caldo	II campagna freddo
Minima media giornaliera	5	5
Massima media giornaliera	15	25
Media delle medie giornaliere (b):	10	10
Giorni validi	26	27
Percentuale giorni validi	96%	90%

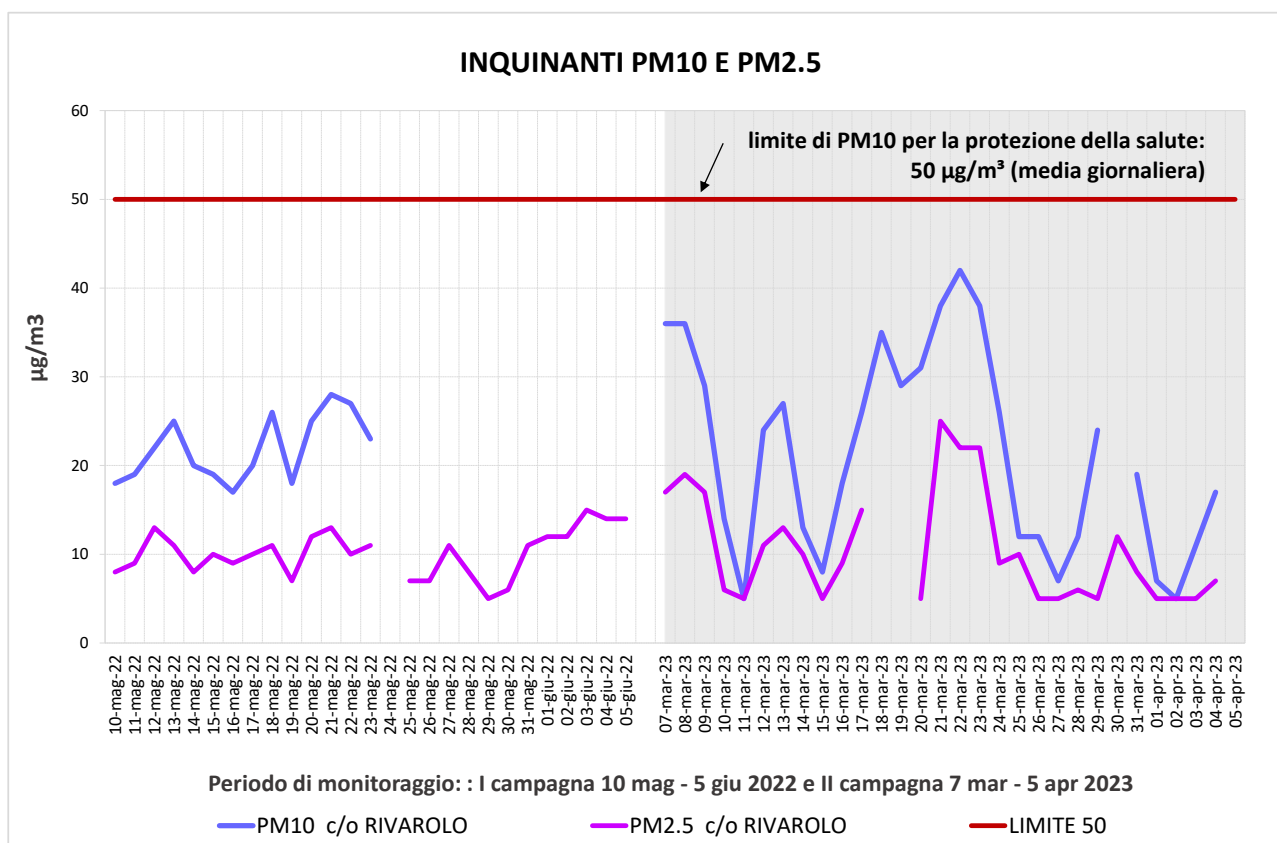


Figura 32 – Confronto PM10 e PM2.5 per le campagne di misura a Rivarolo C.se

La Figura 33 presenta il confronto con gli indici statistici della rete fissa gestita da Arpa Piemonte. Dal grafico notiamo che i valori di PM2.5 nel sito di Rivarolo sono in genere inferiori alla media delle stazioni provinciali della rete regionale di qualità dell'aria, in alcune giornate rappresentano il valore minimo misurato nella Città Metropolitana di Torino.

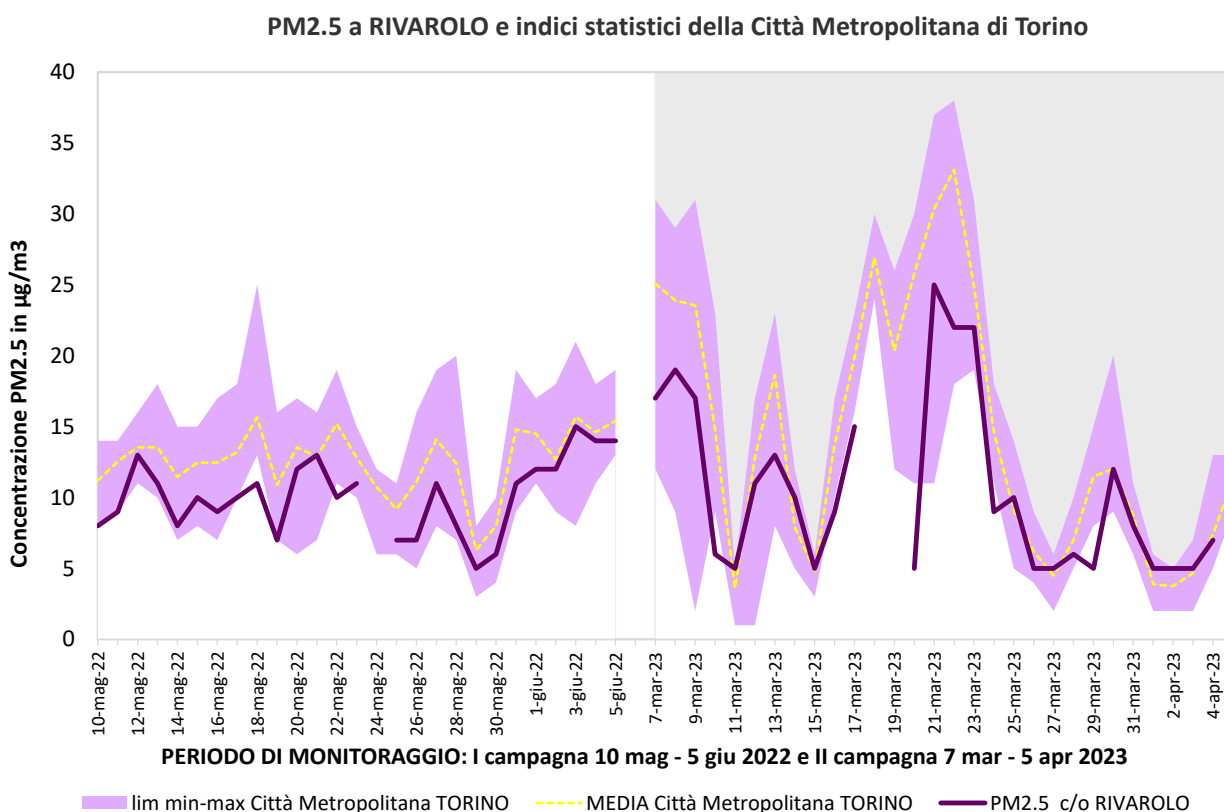


Figura 33 – PM2.5: confronto gli indici statistici della rete delle stazioni fisse della CMT

La normativa italiana prevede per il PM2.5 solamente il rispetto di un limite annuale, pari a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche in questo caso per stimare un dato di concentrazione annuale di PM2.5 per il sito di Rivarolo si può fare riferimento ai dati delle stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria situate sul territorio della Città Metropolitana di Torino.

Per le 10 stazioni provinciali della Rete Regionale (Tabella 18), sono stati calcolati i valori di concentrazione del PM2.5 come media del periodo 1° maggio 2022 – 30 aprile 2023 (365 giorni al cui interno ricadono i due monitoraggi di qualità dell'aria a Rivarolo C.se) e tali dati sono stati rapportati alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte. È stata quindi costruita la retta di interpolazione di Figura 34 il cui coefficiente di determinazione R^2 evidenzia un'ottima correlazione tra i dati. In base all'equazione della retta per l'anno solare 2022-2023 a Rivarolo è stata stimata una concentrazione media annua di PM2.5 di 13.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore sensibilmente inferiore alla media della Città Metropolitana di Torino (18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e significativamente più basso del limite normativo di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 18 - Indici statistici per l'elaborazione della stima di PM2.5 per l'anno solare 2022-2023

Stazioni di misura	Media PM2.5 Prima campagna 10 mag – 5 giu 2022 [µg/m³]	Media PM10 SECONDA campagna 7 mar – 5 apr 2023 [µg/m³]	Media PM10 due campagne [µg/m³]	Media PM10 mag 2022- apr 2023*
Rivarolo C.se	10	10	10	13.3
Ceresole Reale	11	11	11	8
Leini	9	15	12	14
Ivrea	12	13	13	17
Beinasco TRM	12	14	13	18
Borgaro T.se	14	16	15	19
Chieri	13	15	14	20
Settimo	13	17	15	21
To - Rubino	14	13	14	18
TO - Lingotto	13	13	13	19
To - Rebaudengo	14	18	16	21
Città METROPOLITANA DI TORINO Media	28	11	19	18

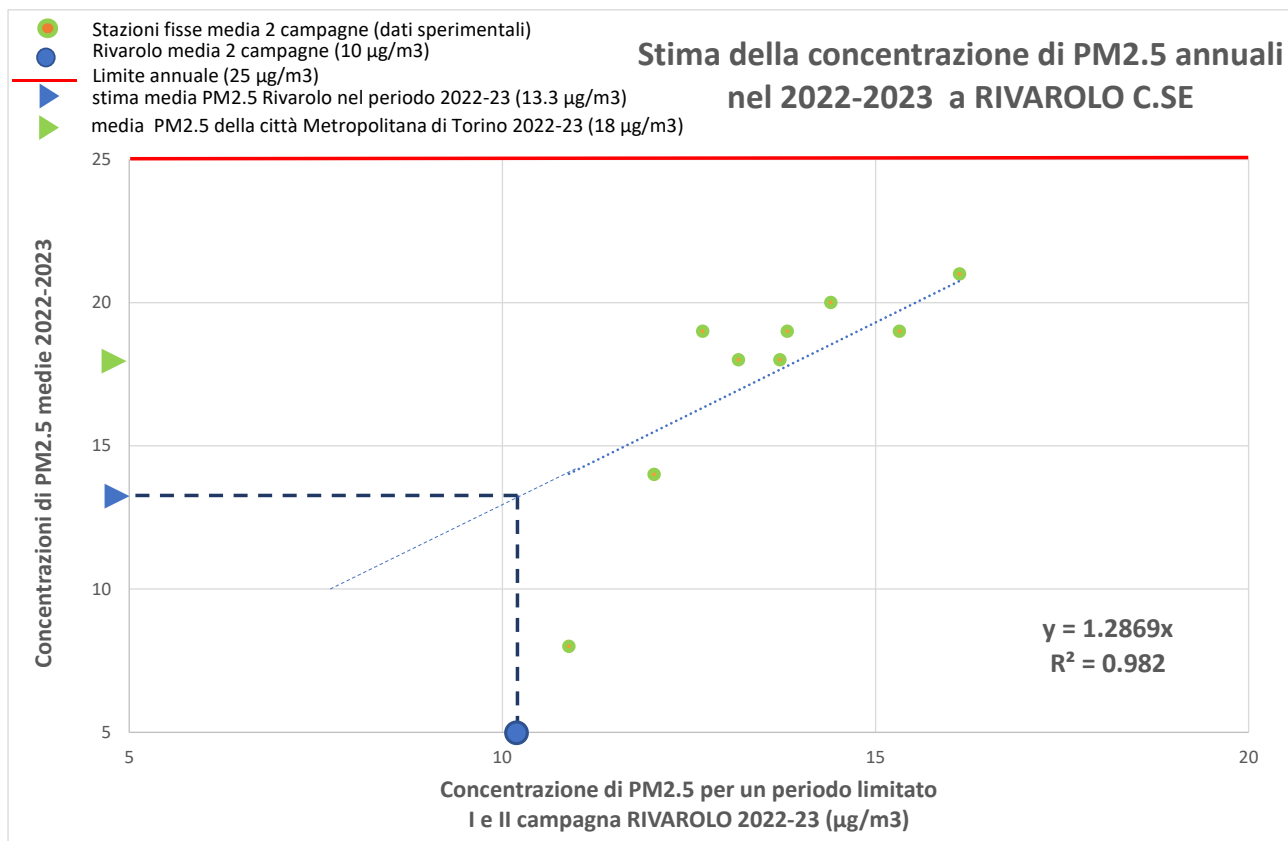
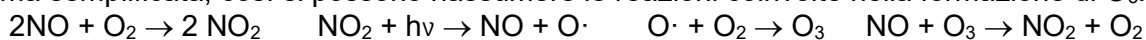


Figura 34 - Stima della concentrazione di PM2.5 a Rivarolo nel periodo 1°maggio 2022 – 30 aprile 2023

4.4.6 Ozono

L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente. L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da fonti antropiche, che si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (VOC).

In forma semplificata, così si possono riassumere le reazioni coinvolte nella formazione di O_3 :



L'elevato potere ossidante dell'ozono è in grado di produrre infiammazioni e danni all'apparato respiratorio più o meno gravi, in funzione della concentrazione cui si è esposti, della durata dell'esposizione e della ventilazione polmonare, in particolar modo nei soggetti sensibili (asmatici, bambini, anziani, soggetti aventi patologie respiratorie).

L'ozono è un inquinante tipicamente estivo, la cui formazione è favorita dall'irraggiamento solare. Durante la prima campagna di misura, maggio-giugno 2022 quando ancora l'irraggiamento solare non è all'apice, sono stati rispettati i livelli di informazione e di allarme, mentre ci sono stati 6 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana su 26 giorni validi di monitoraggio. La concentrazione media oraria è stata di $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e il valore massimo su 8 ore è stato di $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 18 e Figura 35). Durante la campagna di marzo-aprile 2023 non ci sono stati superamenti del valore obiettivo, la concentrazione media oraria e il valore massimo su 8 ore sono stati sensibilmente inferiori, come atteso, a quelli della campagna del periodo caldo (Figura 36 e Figura 37).

Tabella 19 – Indici statistici per l'ozono a Rivarolo C.se

O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	I campagna caldo	II campagna freddo
Minima media giornaliera	51	42
Massima media giornaliera	105	76
Media delle medie giornaliere	75	58
Giorni validi	26	30
Percentuale giorni validi	96%	100%
Media dei valori orari	76	58
Massima media oraria	154	110
Ore valide	628	716
Percentuale ore valide	97%	99%
Minimo medie 8 ore	18	22
Media delle medie 8 ore	76	58
Massimo medie 8 ore	142	97
Percentuale medie 8 ore valide	95%	99%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	26	0
<u>N. di superam. dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	6	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0

Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)

0

0

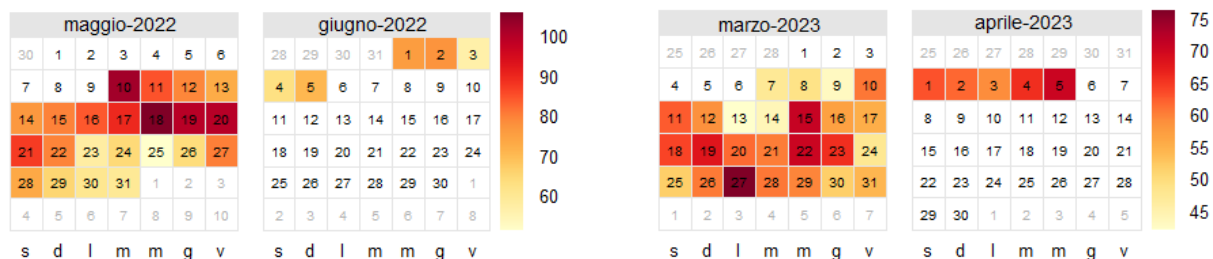


Figura 35 - Calendar plot per O₃ durante la prima (a sinistra) e la seconda (a destra) campagna di misura a Rivarolo C.se

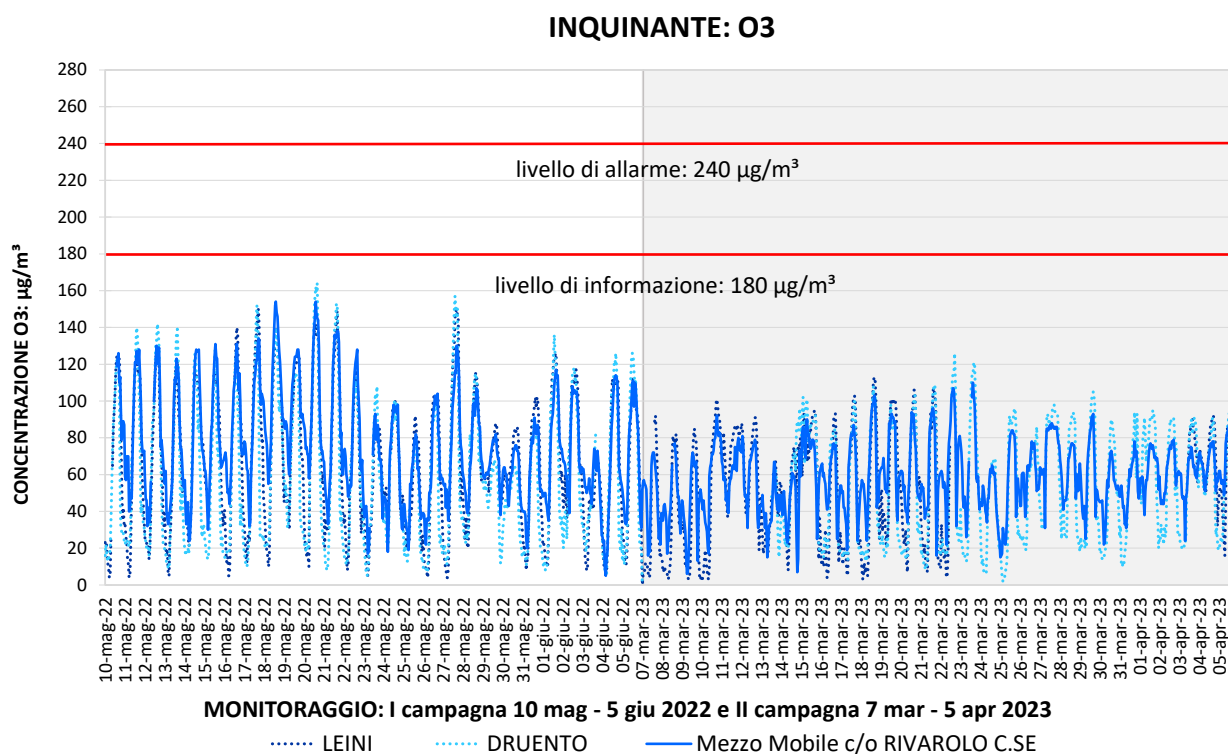


Figura 36 – Ozono: confronto con alcuni limiti normativi e con altre stazioni fisse della rete regionale

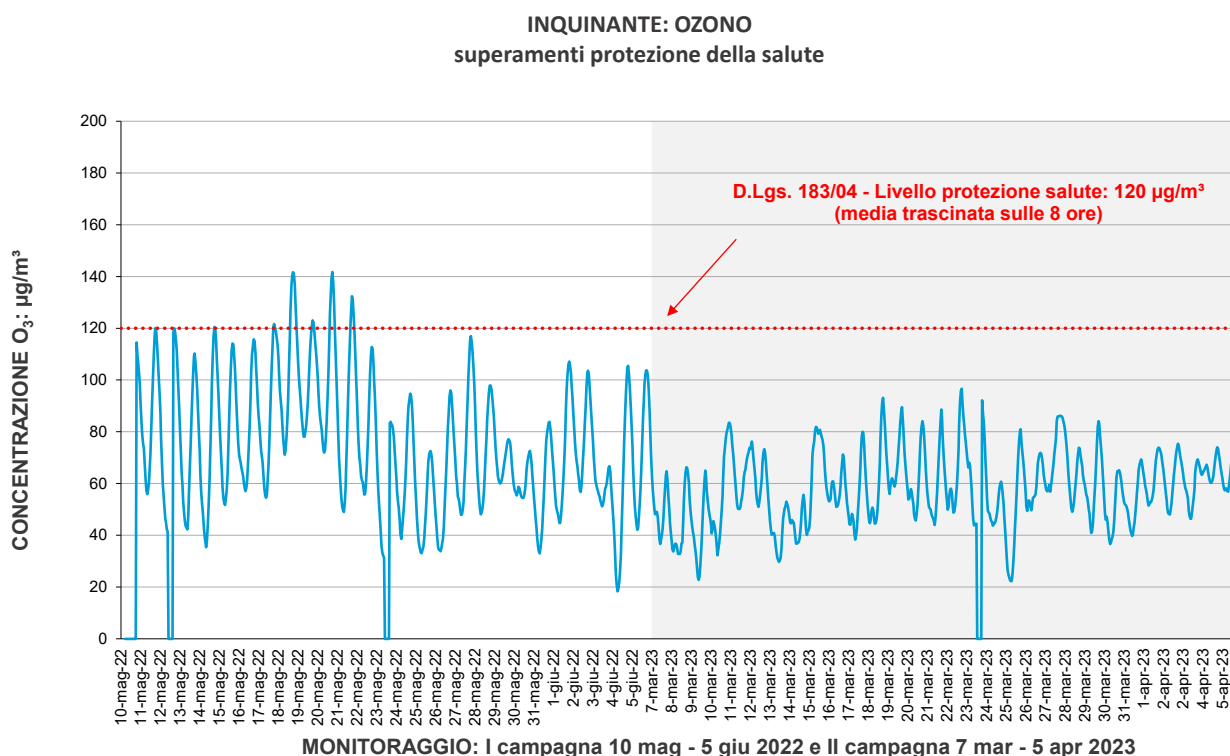


Figura 37 – Ozono: confronto con i superamenti protezione della salute umana

Per quanto riguarda il rispetto del limite annuale per la salute umana, da non superare più di 25 volte in un anno solare (benché la normativa preveda che tale dato venga mediato su 3 anni consecutivi di misurazioni), si può procedere confrontando i dati misurati a Rivarolo con quelli della stazione fissa di Leini, situata a poco più di 15 km in linea d'aria dal sito in esame. Nelle due campagne di misura svolte a Rivarolo sono stati registrati 6 superamenti del limite annuale in 56 giorni complessivi di misurazioni validi. Nello stesso periodo di tempo, dal 10 maggio al 5 giugno 2022 e dal 7 marzo al 5 aprile 2023, a Leini ci sono stati 7 superamenti del limite, un numero molto simile a quello registrato a Rivarolo. Dal momento che nell'anno solare 1° maggio 2022 – 30 aprile 2023 a Leini sono stati registrati complessivamente 66 superamenti di un ipotetico limite annuale per la salute umana, verosimilmente se nel sito indagato il monitoraggio fosse durato un intero anno solare, anche a Rivarolo sarebbe stato superato il limite annuale per la salute, con un numero di superamenti molto simile a quello di Leini.

Il grafico sull'andamento del giorno medio di Figura 38 permette di apprezzare la dipendenza della concentrazione di ozono non solo dall'irraggiamento solare (il grafico mostra valori complessivamente più elevanti durante il periodo caldo), ma anche dai valori di temperatura, per cui in un giorno tipo i valori massimi di ozono si misurano tra le 12:00 e le 18:00, mentre i minimi, compaiono nelle ore di maggiore traffico veicolare del mattino, quando sono più elevate le concentrazioni di monossido di azoto, uno dei principali componenti dell'aria ambiente coinvolti nei complessi processi di distruzione dell'ozono.

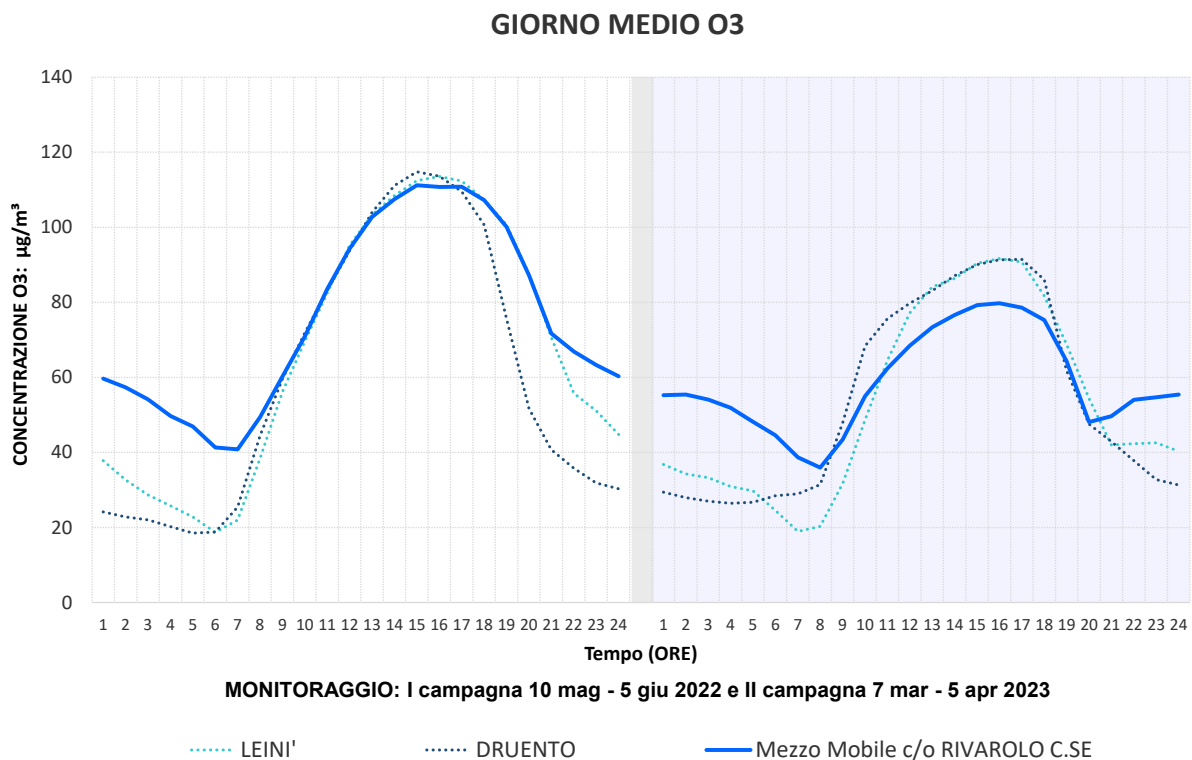


Figura 38 – Ozono: giorno medio: confronto con alcune stazioni della rete fissa durante le campagne di misura

5 CONCLUSIONI

I valori rilevati nel corso della campagna di monitoraggio mediante la stazione mobile nel sito di Via Torino a Rivarolo sono in generale comparabili a quelli misurati in siti simili – vale a dire ubicati in zona residenziale urbana e suburbana - della Città Metropolitana di Torino.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per i due inquinanti per i quali la normativa prevede tale tipo di limite (biossido di azoto e ozono); sono inoltre rispettati i valori limite di breve periodo per la protezione della salute umana per biossido d'azoto, e monossido di carbonio.

Durante la campagna di monitoraggio del periodo freddo per il biossido di azoto non si sono registrati nemmeno superamenti del limite orario di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Alla fine delle due campagne di misura è stato possibile stimare il valore annuale di NO_2 che si sarebbe registrato a Rivarolo se il campionamento fosse durato un intero anno solare. Applicando una metodologia di confronto con le altre stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria situata sul territorio della città Metropolitana di Torino (CMT) per Rivarolo è stato stimato per l'anno solare 2022-2023 una concentrazione di NO_2 di 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore più basso della media CMT (23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e significativamente inferiore al limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il parametro PM10 ha rispettato i limiti di legge: nel sito di Rivarolo, infatti, non si sono registrati superamenti del valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nemmeno durante la campagna di misura invernale. Va tuttavia ricordato che la campagna del periodo freddo si è svolta sul finire del periodo invernale (marzo-aprile 2023) quando i superamenti, a meno di eventi straordinari e particolari condizioni meteorologiche, si verificano con minore frequenza.

Alla fine delle due campagne di misura, invernale e primaverile, è stato inoltre possibile stimare il valore annuale di PM10 che si sarebbe registrato a Rivarolo se il campionamento fosse durato un intero anno solare. Applicando una metodologia di confronto con le altre stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria situata sul territorio della città Metropolitana di Torino (CMT) per Rivarolo è stato stimato per l'anno solare 2022-2023 una concentrazione di PM10 di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore uguale a quello della media CMT e significativamente inferiore al limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A seguito delle due campagne di misura svolte, anche per il PM2.5 è stato possibile stimare un dato annuale per il sito di Rivarolo, da confrontare con il limite normativo di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Si è fatto riferimento alle stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria e con la stessa metodologia di confronto usata per il PM10 si è stimato un valore annuale per l'anno solare 2022-2023 (periodo in cui si sono svolte entrambe le campagne di misura) di 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore inferiore alla media della Città Metropolitana di Torino (18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e significativamente più basso del limite normativo.

Per quanto riguarda l'ozono, durante la campagna del periodo caldo (maggio-giugno 2022), quando tuttavia ancora l'irraggiamento solare non è all'apice, sono stati rispettati i livelli di informazione e di allarme, mentre ci sono stati 6 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana su 26 giorni validi di monitoraggio. Per quanto riguarda il rispetto del limite annuale per la salute umana da non superare più di 25 volte in un anno solare, in questo caso si è fatto un confronto diretto con la stazione di Leini, distante poco più di 15 km dal sito di monitoraggio in via Montenero. Nello stesso periodo di tempo a Leini ci sono stati 7 superamenti del valore obiettivo per l'ozono. Dal momento che nell'anno solare 2022-2023 a Leini ci sono stati complessivamente 66 superamenti del limite annuale per la salute umana, verosimilmente se nel sito indagato il monitoraggio fosse durato un intero anno solare, anche a Rivarolo nel periodo 1° maggio 2022- 30 aprile 2023 sarebbe stato superato il limite annuale per la salute, con un numero di superamenti simile a quello di Leini.

I parametri benzene e toluene infine non hanno presentato criticità, a Rivarolo sono stati trovati valori confrontabili con quelli di altre stazioni fisse della rete con caratteristiche simili. Anche nel caso del benzene, per il quale la normativa prevede un valore limite espresso come media

annuale, il valore stimato per l'anno solare 2022-2023 sulla base delle stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria situate sul territorio della Città Metropolitana di Torino è stato di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, di molto inferiore al limite normativo di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Arrivo: AOO CMTO, N. Prot. 00103043 del 21/07/2023

6 APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

• Ossidi di azoto

TELEDYNE API 200 E

Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO_x.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.5 ppb.

• Ozono

THERMO SCIENTIFIC 49i

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O₃ nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.001 ppm.

• Monossido di carbonio

TELEDYNE API 300 E

Analizzatore a filtro a correzione di gas classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di CO nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 200 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.1 ppm.

• Particolato sospeso PM10 e PM2.5

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso PM10; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo a norma europea.

Analisi gravimetrica su filtri in fibra di vetro di diametro 47 mm.

• Stazione meteorologica

LSI LASTEM

Stazione completa per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare.

• Benzene, Toluene, Xileni

CHROMATOTEC

AIR TOXIC GC 866

Gascromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

- ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m³;
- ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m³;
- ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m³;
- ✓ Campo di misura etilbenzene: 0 ÷ 441 µg/m³;